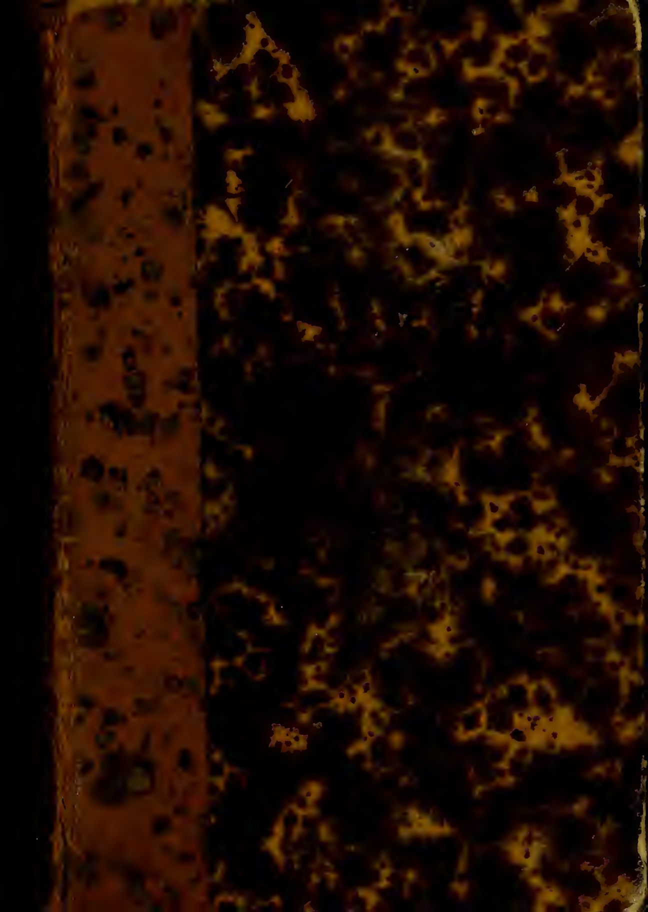
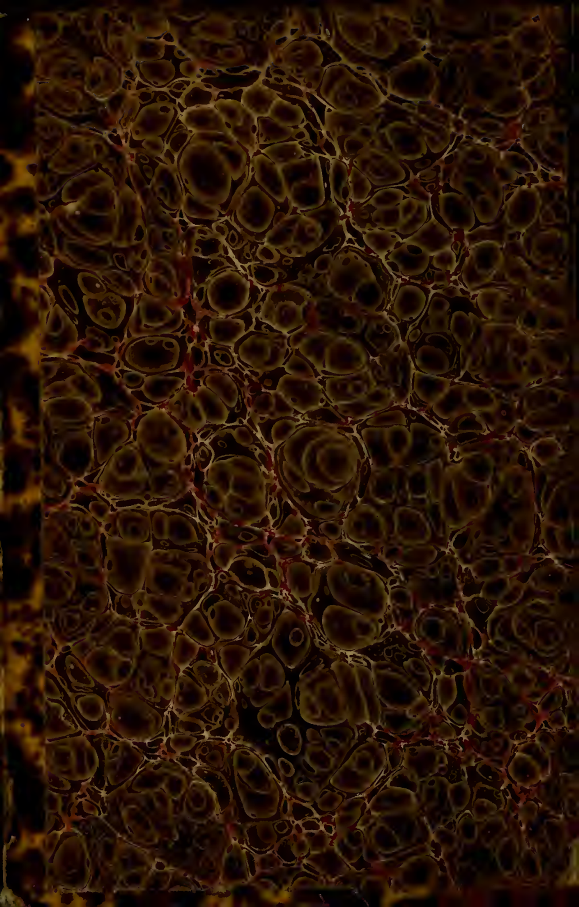
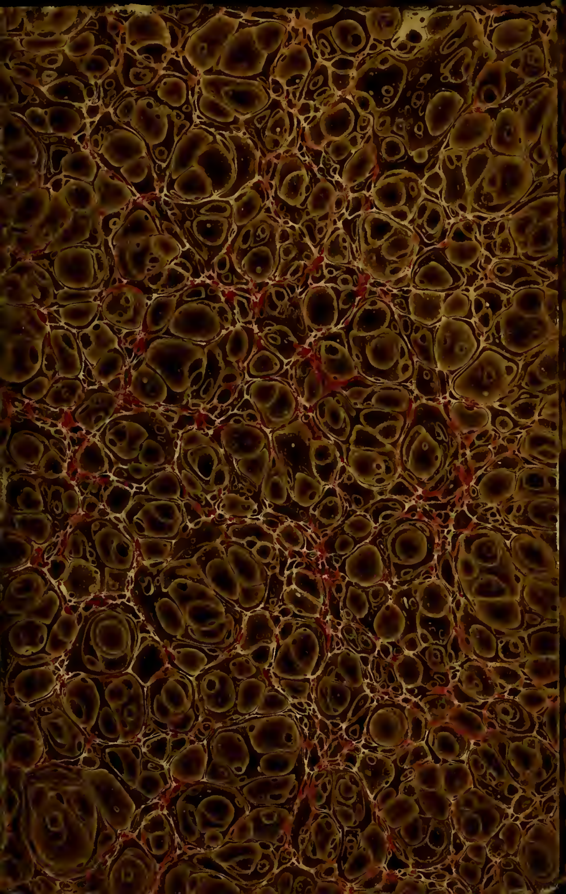






LÉCLUZE, Etienne
Jean de

Encyclopédie Portative.



COLLECTION

DE

TRAITÉS ÉLÉMENTAIRES

SUR LES SCIENCES,

Les Arts, l'Histoire et les Belles-Lettres;

par messieurs

AUDOUIN, AJASSON DE GRANDSAGNE,
BLANQUI AINÉ,
BAILLY DE MERLIEUX, BORY DE SAINT-VINCENT,
CHAMPOLLION-FIGEAC,
FERDINAND DENIS, DEPPING, MILNE-EDWARDS,
HACHETTE, LÉON SIMON, MALEPEYRE,
ETC., ETC.

Scientia est amica omnibus.



Imprimerie de Hennuyer et Turpin, rue Lemercier,
Batignolles.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE
DE PEINTURE

CONTENANT

les *Principes du Dessin*, du *Modelé* et du *Coloris*, et leur application à l'imitation des objets et à la composition; précédé d'une *Introduction Historique*, et suivi d'une *Biographie* des plus célèbres peintres, d'une *Bibliographie* et d'un *Vocabulaire analytique* des termes techniques.

PAR M. DELÉCLUZE,
Auteur des articles *Beaux-Arts* du *Journal des Débats*, etc.

« Tout est proportion. »



PARIS
MAIRET ET FOURNIER, LIBRAIRES-ÉDITEURS,
RUE NEUVE-DES-PETITS-CHAMPS, 50.

1842.


WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

TABLE

DES MATIERES.

DEUXIÈME PARTIE.

FIN DE LA TABLE.

TRAITÉ

DE

PEINTURE.

INTRODUCTION HISTORIQUE.

En consultant l'histoire des peuples civilisés, il est facile de s'apercevoir que chacun d'eux se distingue par une faculté dominante. Parmi ces grandes dispositions caractéristiques, l'une des plus rares, sans contredit, c'est la vocation naturelle pour les Arts. Rigoureusement parlant, il n'y a que deux peuples qui l'aient eue : les Grecs chez les anciens, les Italiens parmi les modernes.

Ce n'est pas que dans tous les pays il ne se soit toujours trouvé des hommes qui ont fait des représentations sculptées et peintes ; mais le plus ordinairement ces faiseurs de figures se sont bornés à reproduire les images grossières des idoles dont les tra-

ditions religieuses leur imposaient les types. La représentation devenait bientôt sacrée pour l'ouvrier même, et alors ce dernier n'avait plus ni le droit ni la volonté de la modifier ; l'art restait immuable comme le dogme religieux. Dans presque toute l'Asie, chez les Mexicains, et particulièrement en Egypte, la sculpture et la peinture n'ont été vraiment qu'un langage ne présentant qu'une collection de signes déterminés, au moyen desquels on exprimait un certain nombre d'idées. Les ouvriers n'avaient pas le droit de dépasser un certain degré de vérité dans l'imitation, et dès que les objets étaient assez bien figurés pour être reconnaissables, et par conséquent pour exprimer l'idée qu'ils représentaient, l'imitation était suffisante. Alors on pouvait faire le plus grand éloge d'une peinture de cette espèce, en disant qu'elle était bien *lisible*.

C'est une vérité confirmée par l'histoire de toutes les nations, que chez celles où les castes de prêtres ont voilé la vérité sous des symboles, et ont consacré d'une manière irrévocable le type des images dont ils la couvrent, jamais les arts d'imitation n'ont

pu prendre un grand développement. Le métier de peintre se divise alors en deux branches : l'une qui a pour objet la fabrication du type exact des divinités admises, l'autre qui s'unit au commerce, à l'industrie et à toutes les combinaisons manufacturières que fait naître le luxe. Pour orner les étoffes, pour embellir les poteries, pour rendre l'intérieur des habitations plus agréable, on peint des fleurs, des animaux, des paysages, on va même jusqu'à imiter la nature au point de faire des portraits et de reproduire les scènes réelles de la vie ; mais chez ces nations, la peinture s'arrête là, par la raison qu'elle ne peut s'élever jusqu'à la dignité d'un art que quand ceux qui l'exercent ne s'efforcent de faire des progrès dans l'imitation des formes matérielles que pour parvenir à rendre des vérités d'un ordre plus élevé. Sans ce but le peintre reste ouvrier ; et tout copiste, quel que soit d'ailleurs son talent pour imiter, n'est jamais que l'esclave des objets qu'il reproduit, et le complaisant de celui pour qui il travaille. Or c'est ce qui est arrivé aux peintres des nations asiatiques, à ceux de l'Égypte et du Mexique.

Mais il n'en fut pas ainsi chez les Grecs. Ce peuple, après avoir reçu de l'Asie et de l'Égypte des idoles symboliques et des notions confuses de philosophie et de morale, se servit de cet amas de connaissances indigestes, comme d'une matière première, avec laquelle il produisit l'un des résultats les plus extraordinaires de l'intelligence humaine, c'est-à-dire le développement simultané de la philosophie et des arts d'imitation; car, et ceci mérite attention, en Grèce, ces deux branches des connaissances humaines n'ont jamais été séparées. On peut même avancer, sans crainte d'être contredit par ceux qui ont étudié l'antiquité, que la sculpture, et, par suite, la peinture grecques n'ont fait en se perfectionnant qu'exprimer, par des formes visibles, les progrès successifs que les sages faisaient dans l'étude de l'homme.

Ce qui caractérise l'art grec à sa naissance, c'est que dès les premiers essais d'imitation tentés par les hommes de cette nation, on y reconnaît le besoin d'améliorer les types. Dans les monumens grecs du plus ancien style, dans ceux où l'imitation est la

plus imparfaite encore, on sent la main et surtout l'imagination d'un artiste.

Or, on l'a vu, le copiste, l'ouvrier, est dominé par les objets qu'il veut imiter. L'artiste véritable, au contraire, ne peut considérer la nature sans chercher à en pénétrer les secrets. Dès qu'il en reproduit quelque image, il étudie l'effet qu'elle cause sur les sens et l'imagination de ceux qui la regardent; il calcule les ressources, il rassemble les moyens de son art pour faire naître précisément telle ou telle impression. Placé entre l'immense variété d'objets naturels qui sont à sa disposition, et l'homme sur l'âme duquel il veut agir, l'artiste, semblable au miroir ardent, concentre et rassemble dans son imagination tout ce qu'il voit, tout ce qu'il sent, et le combine de manière à en rendre la perception et le sentiment plus prompts, plus forts et plus faciles aux autres hommes.

Cette faculté de l'imagination, ce pouvoir intellectuel par lequel l'homme devient l'interprète de la nature à l'égard de ses semblables, est la qualité qui distingue essentiellement l'artiste, et jamais elle n'a été

plus puissamment et plus fréquemment developpée que chez la nation grecque.

S'il fallait suivre le cours et les vicissitudes de l'art en Grèce, ce serait le sujet d'un long travail. On rappellera donc sommairement que, chez ce peuple, la sculpture avait déjà atteint un grand degré de perfection, que la peinture était encore dans l'enfance. *Phidias* exécutait à Athènes les statues et les bas-reliefs du Parthénon, lorsque son frère ne peignait encore que des boucliers et des statues, car c'était l'usage alors.

Selon toute apparence, l'art de la peinture, en Grèce, a toujours été sous la dépendance de la statuaire, ce qui fait supposer avec assez de raison que les peintres de ce pays ont plutôt recherché à rendre les formes, qu'ils ne se sont adonnés à perfectionner le coloris et ce que nous appelons les effets du clair-obscur. D'ailleurs cet art ayant reçu l'impulsion de la statuaire, qui avait pour objet de rendre la beauté, il a dû naturellement tendre vers le même but.

Quant aux grandes phases de la peinture grecque, on peut les réduire à quatre.

L'époque où l'on ne faisait que des peintures monochromes, dont on peut prendre une idée par les *vases peints* dits *étrusques*.

Celle où *Polygnote* de Thase, contemporain de Périclès et de Phidias, fit des tableaux qui, d'après ce qu'en dit Pausanias, étaient composés d'un grand nombre de personnages et exécutés dans une manière grande, mais sèche, dure, quoique très-soignée. La peinture de Polygnote était monumentale. Cet artiste ne travaillait que pour décorer les murs des temples et des édifices publics, et il se plaisait à traiter les sujets homériques.

La troisième phase est déterminée par l'apparition de *Zeuxis* d'Héraclée. Il fleurit quarante ans environ après Polygnote. Zeuxis excellait à caractériser, à idéaliser les personnages qu'il représentait. Ce fut lui qui fit pour les Crotoniates ce fameux tableau d'Hélène, où il combina les beautés de cinq jeunes filles remarquablement belles.

Enfin 70 ans après Zeuxis (365 ans avant J.-C.), vint *Apelles*, qui, de l'avis unanime des anciens, porta la peinture grecque à son plus haut degré de perfection. Il passe pour

avoir pratiqué l'encaustique avec supériorité, et avoir perfectionné l'art du coloris. Mais les qualités qui distinguaient surtout ses ouvrages, étaient la vérité avec laquelle il rendait les passions, et la grâce particulière qu'il donnait à ses figures.

Depuis Apelles, aucun peintre ne fit faire de progrès à l'art. Les plus habiles le maintinrent au degré où il avait été élevé; mais malgré ces efforts partiels, il déclina toujours. Alexandre ayant conquis la Grèce, traîna à sa suite, dans le cours de ses expéditions, des artistes grecs, qui rendirent leurs arts perfectionnés à cette même Égypte, et à cette Asie, dont ils en avaient reçu les rudimens informes plusieurs siècles auparavant.

Bientôt les Romains, après avoir envahi eux-mêmes la Grèce, en enlevèrent tous les objets précieux. De ce moment les artistes grecs furent entraînés par la force des choses, et allèrent travailler à Rome pour leurs vainqueurs. La peinture fut dans ce pays comme une esclave dont on ne fait cas qu'à cause de ses charmes; car les Romains regardaient avec mépris tout homme de

condition libre qui se livrait à l'exercice des arts.

L'art de la peinture continua donc d'être cultivé chez les Romains exclusivement par des Grecs, jusqu'aux premiers siècles du christianisme. Lorsque Constantin transporta le siége de l'empire à Byzance, les artistes grecs suivirent de nouveau leurs maîtres, dont ils ne pouvaient plus se passer.

Là se forma cette école des peintres grecs constantinopolitains, dont les ouvrages, empreints d'un goût asiatique, pénétrèrent en Europe vers les dixième et onzième siècles. Il ne restait alors de l'art grec que quelques traditions techniques, car les types avaient été changés avec la religion. Les peintures des Grecs constantinopolitains représentaient donc des sujets chrétiens; mais elles avaient cela de particulier, que leur style, quoique sec, barbare et très-affaibli, retenait quelque chose de son origine primitive. Plusieurs siècles après l'invasion des barbares, et lorsque les relations politiques et commerciales s'établirent et devinrent plus fréquentes entre Constantinople et les villes d'Italie et d'Allemagne, les madones et les

sujets de sainteté, peints par les Constantinopolitains, éveillèrent le goût des arts dans ces deux derniers pays.

La Toscane fut le point de l'Italie où l'art se développa avec le plus de force et d'ensemble. La révolution intellectuelle qui s'y fit aux douzième et treizième siècles, prouve que ce peuple avait bien, comme on l'a avancé, une vocation naturelle pour les arts. Car ce que les artistes grecs anciens avaient fait avec les idoles venues d'Asie et d'Afrique, les Toscans le firent également avec les types des personnages sacrés du christianisme que leur transmirent les peintres constantinopolitains. En comparant une madone de *Cimabue* et de *Giotto* (les deux premiers peintres italiens qui se firent connaître), avec une madone grecque, on est frappé du rapport exact dans les dispositions matérielles des ouvrages; mais dans les peintures des deux premiers, on voit déjà l'empreinte de la vie et un commencement d'invention et de beauté idéale, tandis que sur celles des Constantinopolitains, il n'y a que le travail du praticien.

Entre l'apparition de Giotto (1260) et

l'époque où *Léonard de Vinci*, *Michel-Ange* et *Raphael* ont vécu (de 1460 à 1564), l'art a franchi en Italie le même espace qu'il parcourut en Grèce depuis le statuaire Polyclète (540 ans avant J.-C.) jusqu'aux temps où fleurirent Phidias, Zeuxis et Apelles (de 443 à 331 avant J.-C.). Chez ces deux peuples, le besoin de se livrer à l'étude de la nature et de perfectionner l'art de l'imitation, pour revêtir de formes réelles leurs compositions idéales, sont des qualités qui leur sont communes. Chez eux, le choix des objets à représenter, la manière dont on en combine l'assemblage, et l'effet prévu qu'ils doivent causer, furent les trois grandes conditions que leurs artistes s'imposèrent.

On distingue particulièrement les trois grandes *écoles italiennes* en *florentine*, *vénitienne* et *lombarde*.

Ecole florentine. — C'est dans celle de Florence où les qualités fondamentales de l'art de la peinture, le dessin, le modelé et la composition, ont été analysées avec le plus de réflexion, et employées avec le plus de bonheur. Les *Giotto*, les *Fra Angelico*, les *Pérugin* et enfin *Léonard*, *Michel-Ange* et *Ra-*

phael, ont non-seulement imité avec une grande science, mais ils ont rendu les passions de l'âme avec une supériorité incontestable; ainsi que les Grecs, ils ont recherché et quelquefois rendu la *beauté*.

Ecole vénitienne. — A Venise, l'art prit une autre direction. Frappés par l'éclat des couleurs et par l'épiderme de la vie, si l'on peut parler ainsi, les premiers artistes qui exercèrent l'art dans ce pays, contractèrent l'habitude de saisir et d'exprimer au premier coup d'œil les signes les plus sensibles des mouvemens de l'âme et des formes humaines. Cette opération synthétique de la vue et de l'imagination n'est pas sans avantages, mais elle entraîne aussi avec elle de grands inconvéniens. Elle rend le peintre esclave de ses sens, et n'en fait souvent qu'un copiste passif des objets. Bientôt un arbre, un monument, un animal ou un homme, c'est tout un pour lui du moment qu'il les reproduit fidèlement sur la toile.

Certes, ce reproche ne peut être fait à tous les ouvrages du *Giorgion* et de l'admirable *Titien*, mais il est applicable à presque toutes les compositions de leurs plus célèbres

élèves, tels que le *Tintoret*, les *Bassan* et *P. Véronèse*.

Ces derniers artistes ont particulièrement travaillé pour séduire les yeux, et malgré le charme ou la force de leur coloris, malgré la vérité naïve de leurs expressions, la poésie manque dans leurs tableaux.

Cette disposition anti-poétique qui semble particulière aux peintres vénitiens, résulte, selon nous, non-seulement d'une tournure d'esprit qui a pu leur être propre, mais plus encore de ce que le ciel ne leur a pas envoyé un Homère comme à la Grèce, ou un Dante comme à la Toscane. Dans tous leurs tableaux, sans en excepter même ceux du Titien, on sent qu'il leur a manqué un fond d'idées coordonnées qui servît de centre et de point d'appui à toutes celles qui leur venaient accidentellement dans l'esprit. Aussi chercherait-on en vain dans leurs compositions un certain amour profond de l'humanité, un respect de l'homme jusque dans les plus petits détails de ses formes matérielles, respect qui seul fait de la peinture un art si attachant et vraiment poétique. Titien et Giorgion ont admirablement rendu

la beauté toutes les fois qu'ils ont trouvé l'occasion de la copier sur la nature, mais aucun peintre vénitien n'en a jamais poursuivi la recherche systématique.

C'est sans doute par suite de cette diffusion d'intérêt porté indifféremment sur tous les objets de la création, que les Vénitiens ont inventé la peinture de paysage; car avant Giorgion et Titien, ce genre n'était jamais employé que comme accessoire. En agrandissant le champ des tableaux, en donnant plus d'éclat et d'immensité aux ciels et aux fonds, ils firent perdre à la figure humaine toute son importance. Enfin les peintres grecs et toscans avaient fait de l'homme leur objet principal; les Vénitiens le réduisirent à un rôle accessoire.

École lombarde.— Le *Corrége* fit, en quelque sorte, à lui seul toute l'école lombarde; car il est le peintre de ce pays dont le mérite est le plus original et le plus éclatant, dont les ouvrages ont acquis le plus de célébrité. Cet artiste excella, comme les Vénitiens, dans l'art du coloris, mais il appliqua plus particulièrement ses études au perfectionnement du modelé, que l'on désigne aussi

sous le nom de science du clair-obscur.

Il jeta encore l'art dans une voie nouvelle par l'application particulière qu'il fit de l'art de la perspective. Avant lui on avait déjà orné les voûtes et les coupoles d'édifices avec des peintures en mosaïques ou exécutées avec le pinceau; mais il fut le premier qui imagina de représenter sur la concavité des coupoles l'immensité du ciel et les objets intermédiaires, comme s'ils étaient vus de bas en haut. La nécessité de représenter les personnages en raccourci éloigna complètement de l'esprit du Corrége toute idée de simplicité et, l'on peut ajouter même, de beauté dans les contours. En effet, les figures de la fameuse coupole de Parme, composées par le *gracieux Corrége,* exercent des mouvemens, et se présentent sous des aspects infiniment plus bizarres et plus tourmentés que les damnés que le *terrible Michel-Ange* a peints dans son jugement dernier.

La douceur du coloris, la suavité du modelé, accompagnées d'une grâce quelquefois un peu trop mignarde dans l'expression des personnages, telles sont les qualités qui distinguent les ouvrages de l'école lombarde,

où la science du dessin et de la composition sont toujours restées fort en arrière de celle des Florentins.

Ces trois grandes écoles italiennes se formèrent et fleurirent à peu près en même temps, de 1260 à 1560.

École allemande. — Vers le treizième siècle environ, où la peinture commença à être cultivée avec succès en Italie, le goût en fut également répandu en Allemagne par les tableaux de sainteté qui venaient de Constantinople. Maître *Guillaume* passe pour le véritable fondateur de l'école allemande. *Van Eyck,* son élève, fut celui qui inventa le procédé de la peinture à l'huile, ou plutôt qui le mit en usage. Ce fut vers la fin du quatorzième siècle que ce moyen fut porté de Cologne à Venise par un peintre nommé *Antonio da Messina,* qui le tenait de Van Eyck, et le fit connaître bientôt dans toute l'Italie.

Enfin vint *Albert Durer,* homme du plus grand mérite, mais qui peut-être arrêta l'essor naturel de l'école allemande, en cherchant à en modifier la manière sur celle de Raphael et des autres peintres italiens, au milieu desquels il alla étudier.

L'école allemande porte dans l'ensemble de ses productions un caractère grave et religieux qui dégénère quelquefois en tristesse, mais qui frappe singulièrement par son unité. Plus occupés de rendre ce calme intérieur et cette paix religieuse approchant de la beauté morale, que le BEAU lui-même, qui, comme l'a dit saint Augustin, n'est que l'éclat du BON, les peintres allemands n'ont étudié sérieusement les formes extérieures que pour rendre avec une vérité plus rigoureuse la douceur et la simplicité chrétienne. Aussi, dans toutes leurs compositions, trouve-t-on toujours cette qualité, mais dépourvue ordinairement de grandeur et de grâce.

D'après cet examen rapide des dispositions des différentes nations à l'exercice des arts, on a vu que les peuples dont la pensée et l'imagination étaient enchaînées par des symboles religieux immuables, sont ceux qui se livrent le plus difficilement aux études philosophiques et par conséquent aux spéculations idéales dans les arts. C'est pourquoi on a été conduit par le raisonnement a ranger les faiseurs d'idoles et de portraits,

dont l'Asie et l'Afrique ont abondé, dans la classe des ouvriers copistes.

D'une autre part, on a pu reconnaître qu'en Grèce et dans l'Italie moderne, où les religions ont laissé plus de latitude aux recherches philosophiques et morales, les arts d'imitation ont été portés à un degré d'élévation extraordinaire. On doit nécessairement en conclure qu'entre la philosophie et les arts, il y a un lien commun qui les unit. Ce lien, on n'en saurait douter, est l'étude de l'homme considéré dans l'ensemble de toutes ses facultés.

Doit-on attribuer exclusivement au caractère naturel des peuples ou aux institutions qu'ils ont eues, la faculté de cultiver simultanément la philosophie et les arts? C'est ce que l'on ne recherchera pas en ce moment. On répètera seulement, en prenant les faits pour autorité, que cette faculté ne s'est jamais développée plus complètement que chez le peuple grec et celui de l'Italie moderne.

L'école grecque et l'école italienne, voilà donc les deux grandes sources d'où toutes les nations civilisées ont puisé leurs con-

naissances et leur goût des beaux-arts. Cependant, pour être entièrement juste, il faut y joindre aussi l'école allemande. Car, bien que cette dernière n'ait eu qu'un crépuscule sans aurore et sans midi, elle a cependant exercé assez d'influence pour n'être pas oubliée.

De ces trois écoles mères sont issues toutes les écoles secondaires et imitatrices, dont le mélange de qualités et de défauts a produit des résultats si variés depuis la fin du seizième siècle jusqu'à nos jours.

De même que l'école grecque avait fait sentir son influence aux Italiens, les Italiens à leur tour donnèrent l'impulsion à tous les artistes de l'occident de l'Europe. Mais au même moment où les élèves de Michel-Ange et de Raphael, et le Titien lui-même, enseignaient les principes de leur art en Espagne et en France, les peintres allemands instruisaient ceux de la Flandre et de la Hollande.

Les écoles espagnole, française, flamande, hollandaise et anglaise, si toutefois il est raisonnable de donner le nom d'*écoles* à cette succession de peintres qui, dans chacun de

ces pays, ont cultivé l'art de la peinture par transmission et sans rattacher leurs travaux et leurs idées à aucune doctrine fixe; les peintres de ces *écoles secondaires,* disons-nous, ont plutôt cherché à séduire les yeux par une imitation superficielle et brillante, qu'ils n'ont essayé de s'emparer de l'imagination et de l'âme des spectateurs par la grandeur des conceptions et par les ressources d'une imitation solide et profondément vraie. Dans ces productions, il est facile de remarquer que la fantaisie individuelle de chaque artiste y domine presque toujours, et qu'aucune de ces grandes pensées qui dérivent de la religion ou de la philosophie, ne leur servent de base.

Ecole espagnole. — Les peintres espagnols, par exemple, ont certainement beaucoup d'originalité d'exécution; cependant, à la première inspection d'un tableau de *Velasquez* et de *Murillo*, on distingue ce qui leur est propre et ce qu'ils doivent au Titien et au Corrége leurs maîtres. Dans les compositions des peintres espagnols, la grâce, la force et le naturel, y règnent ordinairement; mais si l'on fait abstraction des attri-

buts qui indiquent le sujet traité par l'artiste, rien dans la physionomie, dans les traits, dans les formes, ne se rapporte nécessairement aux personnages donnés. Jésus-Christ n'est qu'un homme, la Vierge est une femme ordinaire. On n'y trouve rien de divin, d'*idéal.* En un mot, les Espagnols ont employé toutes les forces de leur génie à faire vrai; aussi excellent-ils dans le coloris, qualité dominante de toutes les écoles qui mettent peu de poésie dans leur peinture.

École française. — Dans les ouvrages des plus habiles peintres français, on reconnaît une tendance bien marquée vers la recherche des beautés idéales. Ce goût se manifeste particulièrement dans le choix des sujets et dans le style de leurs compositions. Mais cette disposition particulière à quelques artistes ou à une classe d'hommes lettrés, ne se marie avec aucun des préjugés populaires de notre nation. Les peintres tels que *Poussin, Lesueur* et *David,* ont été au milieu de nous comme des savans passionnés pour l'antiquité, qui, après en avoir long-temps étudié les mœurs et l'histoire, en adoptent jusqu'au langage, et ne parlent plus pour leurs

contemporains. Ces trois artistes s'étaient créé un monde où ils vivaient, d'où ils tiraient toutes leurs inspirations, et qui leur fournissait la matière de leurs ouvrages. Du vivant même de Poussin, on le désignait comme *le peintre des gens d'esprit;* et il est incontestable que les ouvrages de Lesueur et de David doivent produire fort peu d'effet sur des hommes dont l'esprit n'a pas été cultivé. En effet, toute la partie poétique des compositions de ces grands maîtres est empruntée à des siècles si reculés et à des systèmes religieux et mythologiques si étrangers à nos idées, que l'érudition devient un auxiliaire indispensable pour comprendre et apprécier tout le mérite de tableaux tels que le *Testament d'Eudamidas*, *Saint Paul faisant brûler les livres païens à Athènes*, *les Sabines* ou *le Léonidas.* Si les tableaux des peintres espagnols trahissent leur origine et font penser à ceux de l'école vénitienne, on peut dire que les compositions françaises ont quelque chose d'étudié qui rappelle celles de Florence et de Rome.

École Flamande. — *Rubens* est à lui seul toute l'école flamande; car il en a fait res-

sortir toutes les qualités et tous les défauts. Ayant appris la pratique de son art des Allemands, et ayant perfectionné ses études en Italie, Rubens, par son éducation pittoresque, par la direction qu'avait pris l'art de son temps et par la nature de son génie, est le peintre dont les ouvrages mettent le plus au grand jour la contradiction des divers systèmes poétiques dont on a toujours fait un si grand abus dans les *écoles secondaires.* Rubens a peint toute espèce de sujets sans paraître en affectionner aucun. L'ancien et le nouveau Testament, les fables de l'Arioste et les pompes de l'Olympe, l'histoire de tous les temps et de tous les pays, le sérieux et le bouffon, le pathétique et l'ignoble, tout convenait à son imagination qui, en matière de goût, était essentiellement sceptique, et à son pinceau auquel rien ne résistait. Par l'éclat de son coloris, par la fougue de son contour, il a exagéré la vie de ses personnages, et c'est par cela même que se manifeste son grand talent. Mais cet excès de force et de mouvement fatigue promptement, et si l'on vient à considérer de sang-froid ce fracas de fi-

gures, cet assemblage monstrueux et bizarre d'êtres les plus étrangers l'un à l'autre, et enfin cet appareil allégorique dont il a surchargé la plupart de ses compositions, l'imagination repousse cet assemblage d'idées confuses et contradictoires, et l'œil est bientôt fatigué par des images dont on a écarté, comme à plaisir, toute *beauté* et toute *symétrie*.

Comme peintre coloriste, comme artiste exprimant le palpitant de la chair et la soudaineté de la vie, Rubens n'a point d'égal. Mais dans le choix des idées qui animent ses compositions, il règne une confusion et une incohérence qui leur ôte toute unité poétique. Ce défaut, qui résulte, ainsi qu'on l'a dit, du scepticisme en matière de goût, est ce qui caractérise les compositions de Rubens en particulier, et en général celles de toutes les *écoles secondaires*.

École hollandaise.—En Hollande, ce scepticisme dégénère en incrédulité. A proprement parler, la peinture hollandaise n'a pas de poésie, car tout son mérite et tout son charme consiste dans l'imitation exacte et minutieuse de la nature extérieure. C'est la

seule qualité qu'elle ait reçue de l'école allemande dont elle dérive. Si, comme quelques uns le pensent, les peintres de ce pays ont été entraînés, par la vue des objets qui les entourent, à réduire le physique et le moral de l'espèce humaine à sa plus humble expression, il serait injuste de leur en faire un reproche; mais on se refuse à croire que le système pittoresque des Hollandais résulte d'une pareille circonstance. D'ailleurs, la laideur des personnages d'un tableau n'en exclut pas absolument la poésie; et les compositions de *Rembrand* en fournissent la preuve.

En Hollande, la peinture a été exercée d'après un système diamétralement opposé à celui qu'adoptèrent les Grecs et les Italiens. Chez ces derniers, l'imitation fut constamment le moyen de rendre la beauté et les sentimens de l'âme : en Hollande, au contraire, l'imitation fut tout; le moyen et le but. A cet égard, et en faisant abstraction de la différence extrême du talent des artistes, les peintres de l'école hollandaise peuvent être rangés dans la classe des nations copistes, tels que les Chinois par exemple. Ce

sont les deux anneaux voisins du grand cercle qu'ont parcouru les nations qui se sont occupées des arts et de la peinture en particulier.

Ecole anglaise.— Henri VIII, roi d'Angleterre, fit venir à sa cour le *Torrigiano*, condisciple de Michel-Ange, et *Hans Holbein*, peintre de l'école allemande. Ce dernier exécuta dans la Grande-Bretagne une grande quantité de beaux ouvrages, mais n'y fonda point d'école.

La peinture fut exercée long-temps dans ce pays par des artistes étrangers qui venaient s'y établir. Rubens et Van-Dyck, son élève, furent de ce nombre, et ce sont leurs ouvrages qui ont naturalisé le goût de la peinture en Angleterre. Aussi les artistes anglais ont-ils toujours étudié particulièrement le coloris, et n'ont-ils bien réussi que dans le portrait.

De l'aveu même des critiques de ce pays, ce que l'on nomme en France la peinture d'histoire n'y est pas cultivée.

Josué Reynolds est le peintre qui a fait les compositions les plus sérieuses et où l'on trouve le plus d'élémens poétiques. Cepen-

dant il doit sa célébrité principalement aux beaux portraits qu'il a laissés.

Hogarth a traité la peinture d'une manière toute nouvelle quant à la composition. Il a représenté avec une verve inépuisable des sujets comiques et satiriques de la vie ordinaire. Cet artiste, fort original par ses idées et praticien très-habile, est regardé avec raison par les Anglais comme le peintre qui a créé un genre vraiment propre au pays.

Enfin, les Anglais se sont distingués en peignant le paysage, et, de l'autre côté du détroit, on met *Wilson* bien près de notre Claude Lorrain.

Dans l'examen rapide qui vient d'être fait des différens degrés d'aptitude que les nations civilisées ont eue à l'exercice de l'art de la peinture, on a reconnu un bon nombre de peuples qui n'ont fourni simplement que des *ouvriers copistes*. Trois se distinguent et voient s'élever au milieu d'eux trois *écoles mères*, la grecque, l'italienne et l'allemande, d'où ressortissent cette foule d'*écoles secondaires* dont on a signalé les plus importantes.

Maintenant concluons : les ouvrages peints chez les nations *copistes* ne sont que des

objets d'études philosophiques ou de pure curiosité.

Quant à ceux des Grecs anciens et à la méthode que les artistes de cette époque suivaient pour étudier leur art, rien n'en est parvenu jusqu'à nous. Nous ne pou- donc tirer avantage ni de leurs productions, ni de leur doctrine.

Les nombreux chefs-d'œuvre des écoles italiennes subsistent, et toutes les grandes capitales de l'Europe ont un musée qui est une succursale du Vatican. Outre cela, on peut consulter les ouvrages techniques composés par quelques artistes italiens des quinzième et seizième siècles. Par le concours des études faites sur les tableaux et avec les livres des Italiens, on peut donc prendre une idée exacte de la théorie et de la pratique de l'art de la peinture.

Il n'est pas jusqu'à la diversité du mérite des trois grandes écoles italiennes, de Florence, de Venise et de la Lombardie, qui ne facilite l'étude de la partie de l'art pour laquelle on se sent le plus de dispositions. Depuis les compositions élevées de Michel-Ange et de Raphael, et les peintures sa-

vantes du Titien et du Corrége, on peut, en descendant même jusqu'aux sujets familiers traités par le Bassan, parcourir toutes les modifications dont l'art de la peinture est susceptible. Tous les genres, dont les écoles secondaires ont fait depuis le dix-septième siècle des divisions et des subdivisions si puériles, ont été traités ensemble par les Italiens du seizième siècle, qui les ont fait concourir à une imitation plus large et plus vraie de la nature, et à des effets poétiques plus imposans et plus complets.

L'école allemande ne doit pas être négligée, mais elle a pris trop peu de développement, et les ouvrages qui en sont sortis sont trop peu variés dans leur aspect, pour qu'elle devienne l'objet d'une étude suivie.

Quant aux tableaux et aux écrits sortis des *écoles secondaires*, quoiqu'on soit loin de penser que l'on ne puisse en tirer d'excellens exemples et d'utiles leçons, cependant on croit que le mélange des doctrines dans la pratique comme dans la théorie des arts, est un défaut inhérent à toutes les écoles de peinture modernes, et dont elles ne sauraient trop se garantir. A mesure que

le monde vieillit, la diffusion, la confusion même des idées, des systèmes et des doctrines, augmente incessamment. Il est donc sage et indispensable de recourir aux anciennes traditions et aux véritables sources de l'art que l'on étudie, plutôt que de rechercher péniblement les débris épars de ces connaissances chez plusieurs nations et au milieu d'une foule d'écoles nouvelles, qui, après s'être partagé l'héritage de l'Italie, ne l'ont que trop souvent dénaturé pour s'en assurer la possession.

C'est donc en s'appuyant sur l'autorité des productions des peintres italiens, et particulièrement sur le *Traité de peinture* de Léonard de Vinci, que l'on va essayer de développer les principes qui servent de base à l'Art de la Peinture.





MOYENS MATÉRIELS D'IMITATION.

La Peinture, considérée dans ses moyens purement matériels, est l'art d'exprimer sur une surface plane l'apparence de la forme et de la couleur des objets, par le secours du *dessin*, du *modelé* et du *coloris*. Dans ce cas, son but est l'imitation, son effet est le plaisir.

Mais si l'on considère la Peinture comme art libéral, si l'on cherche a en connaître toutes les ressources et tous les résultats possibles sur les sens et l'imagination des hommes, on reconnaît que son but, sa véritable fin est de faire naître en nous une espèce de plaisir qui résulte de la contemplation de tout ce qui est Beau, et que dès lors l'*imitation* matérielle n'est plus que la puissance au moyen de laquelle on excite, on produit, on fixe ce plaisir.

L'imitation étant la base sur laquelle repose l'art tout entier, il est donc de la plus haute importance d'étudier à fond et dans leur ordre naturel, les moyens qui la font obtenir. Nous aurons donc à considerer successivement le *dessin*, le *modelé* et le *coloris*.

CHAPITRE PREMIER.

Du dessin.

Tout le monde conçoit, et tous les enfans même imitent la représentation d'un objet par le seul secours des lignes, et sans avoir besoin d'y joindre la couleur. Mais l'assemblage des couleurs les mieux assorties entre elles, si elles ne sont pas renfermées dans des contours qui indiquent les formes que l'on a eu l'intention d'exprimer, ne donnera jamais que des excitations vagues aux sens et point d'idées arrêtées à l'esprit. Il est donc nécessaire que l'élève commence par l'étude du dessin.

§ I. — *Du Dessin linéaire.*

Depuis quelques années on a introduit

l'usage d'exercer les enfans à la pratique du dessin linéaire. Cet art consiste à copier des figures, plus ou moins compliquées, dessinées géométralement. On commence par les lignes, les angles, etc., et l'on arrive ainsi à copier des épures d'ornemens d'architecture. A l'exception de quelques courbes irrégulières qui se trouvent passagèrement dans les feuilles d'ornement, un élève qui a fini son cours de dessin linéaire ne sait reproduire, en copiant, que les formes géométriques, et encore présentées géométralement.

Cet exercice est fort bon pour les jeunes gens qui se destinent à des professions mécaniques, et où l'art du dessin mathématique et géométral leur est nécessaire; mais il s'en faut bien qu'il en soit ainsi pour un élève que l'on destine à l'art de la Peinture; non-seulement le dessin linéaire ne lui sert à rien, mais il peut lui être nuisible.

Le dessin linéaire exerce très-peu l'œil et la main. Il concentre toute l'attention de l'élève, quand il est studieux, sur la faculté qu'il a de comparer et de saisir le rapport mathématique des formes géométriques en-

tre elles. Or la première chose qu'il faut faire observer à l'élève peintre qui copie un contour, c'est que ce contour exprime non-seulement le profil d'une forme, mais qu'il sert encore à faire deviner son étendue en profondeur et en saillie.

Le dessin géométral ou linéaire est une abstraction mathématique. Le dessin pittoresque est un art au moyen duquel on imite, non les formes elles-mêmes, mais leur apparence. Ces deux procédés n'ont donc aucuns rapports entre eux, et l'on ne craint pas d'affirmer que l'exercice du premier doit nuire au perfectionnement du second.

§ II. — *Du dessin pittoresque.*

Comme on n'a guère l'idée de faire apprendre la musique à un sujet dont l'oreille et la voix sont fausses, de même les conseils que nous donnons ici pour élever un peintre ne peuvent-ils devenir utiles qu'aux jeunes gens qui naturellement ont l'œil juste, la main adroite, obéissante, et l'esprit porté à l'observation des choses visibles. Ceux-là ordinairement saisissent d'eux-mêmes le

crayon, imitent dès l'enfance tout ce qui frappe leur attention et leurs yeux, et le reproduisent avec assez d'exactitude et de finesse pour qu'on les mette dans la classe de ceux qui ont *des dispositions* pour la peinture. C'est pour aider la marche de ces derniers dans la carrière, que ce traité est fait. Car il est vrai de dire qu'il n'y a pas encore de moyen connu pour enseigner l'art de copier à qui n'a jamais copié de lui-même. Le goût de l'imitation et le développement de la faculté d'imiter sont un phénomène de la même nature, et par conséquent tout aussi inexplicable que le passage des vagissemens de l'enfance à l'usage distinct de la parole.

Tous les enfans qui ont des dispositions, et qui ont été livrés à eux-mêmes, copient les objets de mémoire; c'est-à-dire qu'au lieu de dessiner d'après l'objet même, ils font la copie du type qui s'est formé dans leur imagination. Le point important dans les premières leçons est de ne pas détruire chez l'élève cette qualité précieuse, ce don d'imaginer d'après nature, et toutefois, de l'amener à copier les formes d'après un

objet déterminé, abstraction faite de ce qu'elles expriment. Il est donc à propos de ne pas trop le contrarier sur ce qu'il *fait d'idée*, mais de lui indiquer les défauts dans lesquels il tombe en exécutant trop grossièrement les têtes, les pieds et les mains, faute de les avoir étudiés d'après nature ou sur les ouvrages des maîtres. On lui offrira des gravures représentant des sujets, des attitudes et des détails qui se rapportent avec ce qu'il a eu l'intention de traiter, et par cette comparaison immédiate, il sentira son ignorance et le besoin d'étudier sérieusement.

Arrivé à ce point, on peut faire copier des traits faits d'après l'antique, d'après les maîtres et la nature, en ayant soin de faire succéder des modèles traités dans un goût différent, afin que le disciple n'épouse pas dès les premiers essais une manière déterminée, un goût trop exclusif.

L'usage est de donner à copier aux commençans des parties séparées, telles que des yeux, des nez, des bouches, etc.; l'expérience démontre que ces fragmens isolés sont plus difficiles à imiter qu'un tout ensemble, dont

l'œil et l'intelligence saisissent beaucoup mieux les rapports. Ainsi une tête de profil ou même de face, dessinée au trait, sera plus facilement reproduite par un commençant qu'un œil, un nez ou une bouche vus en dessous ou de trois-quart, comme on leur en propose souvent pour modèles. Cependant l'étude des parties isolées ne doit pas être rejetée absolument, mais il faut la faire à propos. Ainsi, en conseillant de proposer plutôt un ensemble peu compliqué pour premier modèle, on a pour intention de ne pas blesser l'imagination du commençant en le forçant de copier d'abord un fragment qui ne dit rien à son esprit, et que son œil saisit à peine.

§ III. — *Premières notions sur la perspective.*

Aussitôt que l'œil commence à saisir les inflexions des contours et que la main peut les rendre avec quelque fidélité, il faut révéler à l'élève la nature véritable de l'art qu'il apprend, et lui faire reconnaître qu'un peintre ne doit pas rendre précisément la forme des objets, mais leur apparence.

On parviendra promptement à cette démonstration, en la faisant plutôt sur les dessins que l'élève fait d'*idée* et en s'amusant, que sur le travail régulier qu'on lui fait exécuter aux momens de l'étude. C'est sur les paysages, sur les scènes familières et les décorations de petits théâtres, sujets ordinaires des premiers essais de tous les jeunes gens, que l'on pourra très-facilement leur donner une idée de la ligne d'horizon, du point de vue et de l'évanouissement de toutes les lignes qui y tendent directement.

Par ce moyen, on jettera la première idée de la perspective dans son esprit, et l'on y fera certainement naître le désir de la connaître plus amplement. Quoi qu'il en soit, on aura déjà obtenu un point très-important, celui d'avoir habitué l'œil du jeune copiste à distinguer, dans les dessins comme sur la nature, la partie des objets qui est au-dessus de l'horizon, et par conséquent au-dessus de l'œil de celui qui regarde, d'avec tout ce qui est au-dessous. Pour rendre cette démonstration plus précise, le maître pourra mener son élève dans quelque édifice vaste, et là, plaçant horizonta-

lement et à la hauteur de son œil une règle bien droite, il lui fera remarquer par comparaison la chute et l'ascension apparentes des lignes droites qui, au-dessus et au-dessous de son œil, semblent se précipiter et remonter vers l'horizon et le point de vue.

L'important, lorsque l'on enseigne la perspective aux artistes, est d'éloigner d'abord tout l'appareil scientifique qu'elle entraîne avec elle. Il faut la leur présenter comme un phénomène curieux, amusant, et convaincre leur esprit par l'expérience des sens, plutôt que par les démonstrations mathématiques; car, on ne saurait le nier, il y a quelque chose de raisonnable dans l'éloignement que l'étude de cette science leur inspire. Les mathématiciens qui ordinairement la leur enseignent, ignorent absolument l'art de la peinture auquel on veut l'appliquer, d'où il résulte que les professeurs insistent souvent sur des démonstrations fort savantes, mais inutiles aux peintres, tandis qu'ils glissent rapidement sur des principes fort simples, et dont la connaissance suffirait presque aux besoins d'un artiste.

§ IV. — *Du dessin d'après les objets en relief.*

En imitant sous la direction d'un maître des dessins bien faits, d'après les statues antiques, d'après les tableaux des grands maîtres et la nature, un commençant ne tarde pas à savoir *copier* exactement, ce qui est un point de la plus haute importance. Quelques dispositions précoces que puisse avoir un élève, c'est toujours un grand service à lui rendre, que de l'astreindre pendant quelque temps à cet exercice tant soit peu machinal. Sa main en deviendra, par la suite, d'autant plus obéissante aux volontés de son génie.

L'habitude de copier les dessins les plus compliqués conduit naturellement à imiter les objets en relief. Déjà on sait ce que c'est que l'horizon et le point de vue. On distingue la partie des objets que l'on voit en dessous, de celle que l'on aperçoit en dessus, et l'expérience de l'œil a appris que plus un objet se concentre dans un cercle rapproché du point de vue comme centre,

plus son apparence conserve sa forme propre et se rapproche du géométral.

Jusque là tout ce que l'on a appris de l'art du dessin n'a trait qu'au *contour* proprement dit. Or, le contour n'exprime que les formes vues de profil, et ne détermine que les dimensions en largeur, et qu'il contient.

Alors il faut s'occuper des dimensions en profondeur et en saillie, et c'est à cette connaissance que l'on parvient en dessinant d'après le relief.

Pour faciliter ce genre d'étude on donne ordinairement une tête de statue à copier. C'est ce que dans les écoles on indique par cette phrase, faire *copier d'après la bosse.* Voici les précautions qu'il est indispensable de prendre quand on se livre à ce genre d'étude. On aura soin d'abord de placer la tête qui doit être copiée, de telle sorte que l'œil de la statue soit à la même hauteur que celui du copiste. Par ce moyen, et par la raison donnée plus haut, l'apparence de l'objet se dénaturera moins et causera moins d'étonnement. A cette précaution il faut en ajouter une autre fort importante; c'est de

mettre entre l'objet à copier et l'œil du dessinateur, une distance qui ait trois fois au moins la plus grande dimension que présente l'aspect de l'objet que l'on veut rendre en dessin. Et pour faire sentir par l'expérience la nécessité de mettre en rapport exact la dimension d'un objet avec l'ouverture de l'angle de vision qui le comprend, on rapprochera successivement davantage l'objet que l'on copie, de manière à ce que l'élève se trouve réduit à dessiner une anamorphose.

§ V. — *De l'étude de la perspective.*

Sans pousser trop loin l'étude régulière de la perspective, c'est lorsqu'on est arrivé au point de dessiner d'après le relief, qu'il est indispensable d'en connaître à fond les principes. Il y a cet avantage quand on étudie cette science dans la première jeunesse, que l'on prend l'habitude, dès l'instant où l'on dessine, d'en faire l'application sans aucune peine, on pourrait dire même sans réflexion. Il faut qu'un peintre possède la perspective pratique, comme tout homme sait lire.

C'est de cette manière que Michel-Ange, Léonard de Vinci, Raphael, Mantègne, Corrége, Rubens et Poussin l'ont apprise et mise en œuvre.

La perspective est à la peinture ce que la grammaire est à l'art d'écrire. C'est, quand on en possède la connaissance, une qualité dont personne ne vous sait gré, mais qu'il est impardonnable d'ignorer. Tous les grands maîtres, sans exception, ont étudié la perspective comme science élémentaire de leur art. Ce n'est que vers le commencement du dix-huitième siècle, époque fatale pour le goût dans les arts, que quelques artistes ont secoué le joug que leur imposait cette science, sous prétexte qu'elle entravait la marche de leur génie. Depuis ce moment cette manie s'est répandue, et maintenant même quelques-uns de nos plus habiles peintres, en France, contribuent encore par leur exemple et leurs discours à propager cette erreur.

Mais ce qui l'entretient plus fortement peut-être, c'est la difficulté qu'éprouvent les artistes à rencontrer des professeurs de perspective qui puissent la leur enseigner.

Les peintres sont étrangers aux sciences, les savans le sont aux arts; il n'y a donc pas de rapprochement possible entre eux.

En traitant d'abord du dessin, on s'est efforcé de faire ressortir son importance. Il est la base de toutes les connaissances qu'un peintre doit acquérir. Le dessin linéaire, genre d'étude utile pour les hommes qui se destinent à devenir bons artisans, n'est d'aucun secours pour ceux qui étudient comme artistes et peut même leur être nuisible. En insistant sur l'art d'apprendre à copier, non par des moyens mathématiques, mais par l'intermédiaire des sens et de l'instinct, on a voulu faire sentir que dans l'art de la peinture, où l'intelligence prend tant de part, on ne doit jamais perdre de vue que tout ce que l'imagination enfante, tout ce que l'esprit conçoit, est reçu d'abord par les yeux et reproduit par la main; d'où il suit qu'un peintre doit exercer simultanément sa pensée et ses sens, en ayant soin que l'une de ces deux parties de lui-même n'opprime jamais l'autre.

C'est en vertu de ce grand principe, que l'on doit inculquer les connaissances ma-

thématiques, et particulièrement la perspective, par l'intermédiaire des sens, plutôt que par le secours du raisonnement. Il faut amener à sentir que la connaissance en est indispensable, et avoir soin de n'en développer les secrets qu'à mesure que l'élève est à même d'en faire une application directe et journalière.

Il reste bien des observations à faire sur l'art du dessin, mais comme elles se combinent naturellement avec celles qui seront développées à propos de la dispensation de la lumière sur les corps, et du modelé, on terminera ce premier chapitre en donnant une description rapide des moyens pratiques employés ordinairement pour dessiner.

§ VI. — *Des matières et des procédés usuels employés pour dessiner.*

On dessine sur papier blanc ou colorié, sur pierre, sur bois, etc., etc. Pour tracer les contours on se sert de *pierre noire* ou de *crayons noirs composés* de telle manière que leur teinte est plus ou moins intense, et que leur dureté ou leur mollesse offrent plus ou

moins de résistance à la main qui les met en œuvre. Sur le papier blanc on dessine avec du crayon noir, réservant le blanc du papier pour exprimer les *clairs*, et le chargeant successivement davantage de crayon, à mesure que les *demi-teintes* et les *ombres* deviennent plus fortes.

Le travail du crayon se fait avec des *hachures*, espèce de traits rapprochés et croisés par d'autres traits, au moyen desquels on exprime les ombres et les demi-teintes du dessin. Il y a des crayons de plusieurs espèces, avec lesquels on dessine sur le papier blanc; tels que la *sanguine* ou pierre rouge, la *mine de plomb,* et plusieurs autres composés. On opère avec toutes ces matières comme avec le crayon noir.

Sur le papier colorié, on dessine au moyen de deux crayons, l'un noir, l'autre blanc (*craie*). Avec le premier, on fait les ombres, les *reflets* et les demi-teintes les plus vigoureuses. Le second sert à exprimer les plus grands clairs et les premières demi-teintes qui les suivent immédiatement. Quant à la teinte du papier colorié, l'art consiste à la choisir telle qu'elle puisse exprimer le plus

de demi-teintes possibles, afin d'épargner du travail au dessinateur. On fait en général usage de ce genre de dessin, d'ailleurs plus expéditif que tout autre, pour copier d'après les tableaux et d'après la nature vivante. Ordinairement lorsque l'on dessine sur papier colorié, en *rehaussant* les clairs avec du blanc, au lieu de rendre les ombres et les demi-teintes avec un travail de *hachures*, on marque avec du crayon tendre (noir) les parties ombrées, et au moyen d'un outil fait avec un morceau de peau roulée, auquel on a donné le nom d'*estompe*, on étale ce crayon en imprimant ou en adoucissant les teintes selon que l'on veut rendre les ombres, les demi-teintes ou les reflets.

Il y a encore une manière de dessiner dont on ne saurait trop recommander l'usage : c'est de tracer avec du crayon blanc (craie), sur une grande planche ou une grande toile peinte en noir, des contours de figures entières d'après la bosse ou d'après nature. Cet exercice habitue à copier des objets de grande dimension, et la facilité avec laquelle on efface et, par conséquent, on peut corriger son trait, encourage l'élève à

faire des études plus sérieuses et plus fréquentes. On ne saurait trop tôt et trop souvent tracer sur la grande toile noire.

On appelle *dessins au lavis* ceux qui sont exécutés sur papier blanc, et où l'on rend les ombres et les demi-teintes au moyen d'*encre de la Chine*, de *sépia* ou de *bistre*, délayés dans de l'eau, et étendus sur le papier au moyen d'un pinceau. Cette pratique, qui est le premier degré d'initiation à l'art de peindre, doit être enseignée à l'élève dès qu'il copie passablement d'après la bosse, et quand il commence à faire des croquis d'après les objets qui le frappent hors de son travail régulier. Il sera bon même qu'il fasse des dessins au lavis sur papier colorié, et dont il rehaussera les clairs avec du blanc de plomb broyé à la gomme.

Un élève en peinture doit familiariser sa main avec toutes ces manières de dessiner, car c'est le meilleur moyen de la préparer à manier habilement et diversement le pinceau.

CHAPITRE II.

De la lumière et du modelé.

Dans l'étude dela peinture, à peine a-t-on entrevu les difficultés d'une des parties de cet art, qu'une autre se présente et se complique avec la première. Quoique les dessins d'après l'antique et les maîtres qui ont guidé les premières études aient donné une légère idée de l'effet des ombres et des demi-teintes; quoique l'élève lui-même, tant par ses observations, que par les dessins historiés qu'il exécutait dans son enfance, ait dû entrevoir comment la lumière se dispense sur les corps, il est loin cependant d'avoir une connaissance précise de ce phénomène, et de prévoir tous les accidens qu'il fait naître.

Dans les bonnes écoles, l'usage est de laisser faire un certain nombre de traits d'après la bosse, avant que l'on permette à l'élève d'exprimer la lumière par le secours des demi-teintes et des ombres. Il arrive toujours, quand on ombre pour la première fois d'après le relief, que l'on divise son dessin en

deux parties, dont l'une reste très-claire et l'autre très-noire, si le modèle est vivement éclairé; ou bien que l'on étend une grande teinte grise sur tout le dessin, quand la lumière qui tombe sur le modèle est douce. Dans l'un et l'autre cas, l'expérience prouve que la dégradation successive de la lumière, depuis le point qui en reçoit le plus jusqu'à l'endroit qui n'en reçoit pas, est extrêmement difficile à suivre et à saisir. On ne peut comparer le travail de l'œil qui poursuit les différens degrés d'intensité des demi-teintes et des ombres sur un corps mollement irrégulier, comme l'est, par exemple, un visage humain, qu'à l'attention extrême que notre œil met également quand il suit, en l'étudiant et en l'admirant, les sinuosités délicates d'un contour varié, gracieux, et dont la direction change incessamment.

L'analogie entre la succession des demi-teintes et les sinuosités du contour est frappante. On doit dire même que les accidens de lumière et d'ombre sur un corps indiquent précisément un contour que l'on retrouverait développé sur une statue, par exemple, autour de laquelle on peut chan

ger son point de vue. C'est par cette raison qu'un statuaire habile peut faire une figure en relief d'après une figure peinte par un habile homme. Ainsi, par le dessin au trait on n'exprime que le contour des formes, mais par l'imitation des demi-teintes et de la projection des ombres, on *modèle;* c'est-à-dire que l'on rend l'ensemble des formes qui sont comprises entre les contours.

§ I. — *De la dégradation de la lumière.*

Si l'élève qui commence à ombrer d'après une figure en relief éprouve trop de difficulté dans ce travail, on pourra aider son intelligence, et prêter secours à ses sens, en exposant à une lumière franche et directe, comme celle d'une lampe, un corps régulier en plâtre bien blanc. Que l'on choisisse, par exemple, un cylindre dont la circonférence sera coupée de douze pans longitudinaux : après avoir placé une lampe à quelque distance, de manière à ce que le cylindre soit éclairé par le côté, on fera voir que le pan qui paraît le plus clair est celui qui coupe à angle droit, ou si on l'ai-

me mieux, qui reçoit le plus directement les rayons lumineux ; que celui qui vient après, et dont le plan est déjà un peu incliné par rapport aux rayons de la lumière, est voilé d'une légère demi-teinte; que le troisième est marqué par une demi-teinte plus forte encore; et qu'enfin le quatrième pan, ne pouvant plus, à cause de son inclinaison, recevoir les rayons lumineux, est totalement *privé de lumière*, ce qui constitue l'*ombre*.

Cette première démonstration étant saisie, on en fera une seconde dans le sens inverse, pour prouver que la lumière de reflet se distribue absolument en vertu du même principe que la lumière directe. Laissant donc le cylindre et la lampe à la même place, on changera de point de vue jusqu'à ce que l'on se trouve en face du pan cylindrique qui est le plus privé de la lumière venant de reflet. Ce pan paraîtra naturellement le plus obscur; celui qui le suivra le sera moins, et ainsi des autres jusqu'à ce que l'on arrive à celui dont le plan se trouve placé de manière à recevoir le plus directement la lumière de reflet.

Pour prendre une idée de la dégrada-

tion de la lumière dans tous les sens, on remarquera encore que comme la lampe est plus haute que le cylindre, ce dernier reçoit une lumière plus vive à son sommet qu'à sa base, et qu'au contraire la lumière du reflet rejaillissant de la table où pose le cylindre sur ses pans, la partie *clair-obscure* du cylindre est plus éclairée à sa base qu'à son sommet.

Enfin, pour achever de donner une idée complète de la théorie des effets de la lumière, on observera encore que la masse du cylindre projette sur le plan qui le soutient, une ombre que l'on appelle *ombre portée*, et que cette ombre est toujours plus brune que l'ombre proprement dite ou la *privation de lumière.*

Cette expérience suffira pour mettre sur la voie, et faire comprendre comment la lumière se dispense sur les corps réguliers et irréguliers. Quant à ce dernier cas, on supposera facilement, pour le faire comprendre, une multitude de petites facettes se succédant sans fin dans des plans différens, et recevant inégalement la lumière directe ou la lumière de reflet.

Au surplus, s'il fallait démontrer mathématiquement chacun de ces accidens des formes irrégulières, la science et la durée de plusieurs siècles ne suffiraient pas. C'est donc à l'instinct, à cette compréhension intime et rapide de la vue, à saisir l'ensemble de ces prodigieuses combinaisons, problème dont la solution est un travail assez prompt et plein de charmes pour un homme véritablement né pour exercer les arts.

§ II. — *Concours du dessin et du modelé pour exprimer les formes.*

Dans les quinzième et seizième siècles, la plupart des grands peintres étaient bons sculpteurs, et il n'y en avait aucun qui ne fût en état de modeler passablement une figure de ronde bosse. David, dans son école, recommandait à ses élèves d'apprendre à modeler en terre, afin, disait-il, « de mieux connaître les formes et de passer le doigt dans toutes les sinuosités que parcourt la lumière. C'est, ajoutait-il, le seul moyen d'apprendre à bien modeler en peignant. » A ses élèves sculpteurs, car il en a formé plu-

sieurs, il leur conseillait de dessiner souvent. Le contour glisse sous vos doigts, ajoutait-il, quand vous travaillez la cire ou la terre; et c'est surtout par les contours que l'on exprime le beau, et la vérité du geste. »

Léonard de Vinci, dans son Traité de peinture, donne les mêmes conseils. D'après ces autorités seules on serait donc disposé à profiter de cet avis. Mais le raisonnement et le bon sens en font une loi. On peut donc recommander hardiment au jeune dessinateur de modeler quelquefois en terre, d'abord d'après la bosse, et ensuite, quand il sera plus avancé, d'après la nature vivante.

Pour faire une application encore plus directe de ce travail aux études du dessinateur et du peintre, on pourrait, lorsque l'on a fait une copie dessinée de quelque relief, essayer de modeler en terre d'après son propre dessin. Par cette épreuve on jugerait bien mieux du degré d'exactitude où l'on est arrivé en faisant le trait, et en exprimant les clairs et les ombres d'après la bosse.

En dessinant avec exactitude les contours, on dispose les milieux à recevoir les lumières, les demi-teintes et les ombres dans

la quantité et l'ordre relatifs où ils doivent être coordonnés d'après le choix du point d'où vient la lumière, et l'on complète son travail, si l'on *modèle* bien, c'est-à-dire, si l'on exprime précisément les formes des milieux par le jeu de la lumière et des ombres; car ce second travail sert de contrôle au premier, qui est comme la base sur laquelle repose tout l'ouvrage que l'on a entrepris.

§ III. — *Moyens et principes généraux pour tracer le contour et exprimer le jeu de la lumière et des ombres d'après le relief.*

On conçoit maintenant toute l'importance que l'on doit attacher au rapport forcé qui s'établit entre le dessin et le modelé. C'est par le concours de ces deux moyens que l'on peut exprimer avec exactitude la saillie, et par conséquent le caractère des formes et du mouvement.

Pour dessiner une figure entière d'après la bosse, en observant les principes qui ont été établis, on aura soin de se placer à la distance qui comprendraît trois fois la plus grande dimension de la statue. Armé d'un

porte-crayon qui doit être droit, afin qu'il puisse servir de régulateur, on en fera usage en le plaçant entre son œil et l'objet, tantôt verticalement, tantôt horizontalement, pour diviser et subdiviser mentalement la statue que l'on copie.

Les deux premières divisions déterminent ordinairement, par le croisement d'une verticale avec une horizontale, *le point milieu* de la statue, ou même d'un groupe de plusieurs figures, si on doit le copier. Or voici ce que l'on entend par le *point milieu :* quels que soient le mouvement, l'extension ou le resserrement des membres de la statue, ou des statues si c'est un groupe, on peut toujours diviser en deux parties égales, par le moyen d'une verticale, l'espace compris entre les deux points extrêmes que les membres de la statue déterminent en largeur à droite et à gauche. Par le moyen d'une horizontale, on divise de la même manière, en deux parties égales, l'espace compris entre les deux autres points extrêmes que déterminent en haut et en bas les membres de la statue. Ces deux divisions étant faites, la section de ces deux lignes, verticale et horizontale, déter-

minera un *point* que nous nommons *milieu*, parce que, en effet, il serait évidemment le milieu d'un carré ou d'un parallélogramme, dans l'une desquelles figures on peut toujours enfermer l'apparence d'une statue, quelle que soit la bizarrerie de son mouvement.

Ce *point milieu* étant déterminé, on voit toujours rationnellement le carré ou le parallélogramme dans lequel la statue peut être inscrite. C'est alors qu'il est facile de comparer la forme et le gisement en long et en large de ce parallélogramme, avec la forme et la grandeur du papier sur lequel on doit faire sa copie, pour la réduire à des proportions analogues à la dimension de la feuille, et surtout reporter en effet et avec son crayon sur son papier, ce *point milieu* et même ce *parallélogramme* fictif, dans lequel on vient d'enfermer mentalement la statue qu'on veut copier. C'est de ce procédé si simple que dépendent les seules règles un peu fixes que l'on puisse donner pour copier d'après le relief. En effet, c'est en multipliant par la pensée, et avec le secours du porte-crayon, les lignes verticales et hori-

zontales, que l'on augmente les termes de comparaison pour juger non-seulement de la dimension relative des diverses parties de la statue, mais encore de l'ouverture des angles que les membres forment entre eux, ou avec les lignes tracées mentalement avec le porte-crayon régulateur.

La recherche du *point milieu* et la faculté acquise de le trouver rapidement, sont des habitudes qu'il faut contracter de jeunesse. Cet exercice et la pratique de la perspective sont des connaissances élémentaires avec lesquelles il faut se familiariser l'esprit et l'œil comme avec la lecture.

Prévenons une objection que quelques personnes ne manqueront pas de faire en lisant ce qui précède. Pourquoi, dira-t-on, ne pas substituer à la recherche si incertaine du *point milieu* et du parallélogramme, par le moyen des lignes idéales, l'usage d'un châssis auquel on adapterait des fils horizontaux et verticaux, de manière à ce que l'élève, en plaçant cet instrument si simple entre son œil et l'objet, pût trouver d'un coup d'œil, et sans erreurs, les rapports mathématiques qu'il cherche?

On répond qu'en effet les deux opérations sont au fond identiquement les mêmes, et que la dernière proposée donne d'abord des résultats plus exacts; mais qu'en *mettant aux carreaux* avec un châssis, l'élève n'exerce pas simultanément son intelligence et ses yeux, n'aiguise pas au même degré son esprit et ses sens, que quand il est forcé, à l'aide de son porte-crayon, de combiner une figure géométrique dont l'exactitude seule garantit la réussite du travail définitif.

Mais revenons à l'objet principal qui nous occupe en ce moment. Après avoir indiqué comment il faut procéder pour dessiner le contour d'une figure d'après le relief, il convient maintenant de faire connaître les principes généraux à suivre pour la modeler sur le papier.

Dans cette occasion, aucun moyen mathématique, même imparfait ou incertain, ne vient au secours du dessinateur. Tout est livré à la pénétration de ses yeux à la sagacité de son intelligence : les conseils que l'on peut lui donner se bornant à quelques observations que l'expérience et un

long exercice de l'art de la peinture ont fait reconnaître pour justes.

On observera donc quelle est la partie et le point de la statue qui, comparativement au reste, brille de la lumière la plus vive, puis du second coup d'œil on saisira la partie et le point de cette statue le plus privé de lumière, et par conséquent le plus obscur, le plus brun. Ces deux points cardinaux étant bien reconnus, on s'en servira comme de points de départ : du côté où vient la lumière, pour aller de demi-teinte en demi-teinte, jusqu'à la partie la plus lumineuse, et du côté où vient la lumière reflettée, pour avancer graduellement de reflet en reflet, jusqu'au *clair de l'obscur.*

La succession des demi-teintes, des ombres et des reflets étant exprimée, on en coordonnera alors le système, en ayant soin d'ajouter les *ombres portées*, qui, par leur projection et leur intensité particulières, forment un troisième point fixe de comparaison pour modeler avec justesse.

§ IV. — *Disposition de la lumière qui éclaire les ateliers des peintres.*

On a émis beaucoup d'avis différens sur la manière dont on doit faire pénétrer le jour dans les ateliers de peinture. Léonard de Vinci conseille de pratiquer la fenêtre à une hauteur telle que le modèle reçoive la lumière sous un angle de 45 degrés. Il donne pour raison qu'avec cette disposition on obtient des projections d'ombres par les parties saillantes, qui font ressortir les formes sans dureté, et d'où il résulte d'ailleurs une dégradation de lumière depuis le sommet de l'objet éclairé, jusqu'à sa base ou à ses pieds, qui plaît à l'œil beaucoup plus qu'un jour qui vient de plus bas. En effet, en éclairant l'objet de côté on le divise en quelque sorte en deux parts, l'une claire et l'autre ombrée. Ce conseil et ces remarques sont excellens, et l'on pense que pour les élèves qui commencent, il est surtout important de voir les objets qu'ils copient, éclairés par une lumière tombant de haut et qui n'en détruise pas trop brusquement la symétrie.

Cependant il serait peut-être bon que dans l'atelier de tous les peintres et de leurs élèves, on pratiquât plusieurs fenêtres de différentes dimensions, placées de côtés opposés et à des hauteurs diverses. Par cette disposition, on varierait les effets de lumière à volonté, on exercerait sans cesse la sagacité des élèves d'une manière nouvelle, et on ne leur laisserait pas prendre l'habitude comme cela n'arrive que trop souvent, de donner à toutes leurs études un certain air de ressemblance qui résulte de l'habitude de copier d'après le même modèle placé à la même hauteur, éclairé du même jour et se détachant sur le même fond.

Quant à ce dernier inconvénient, qui n'est pas le moindre, rien ne serait plus facile que d'y obvier, en se procurant des étoffes communes de différentes couleurs, que l'on étendrait alternativement derrière le modèle chaque fois qu'on le changerait. Avec toutes ces précautions assez faciles à prendre, il semble que l'on empêcherait les élèves de contracter des habitudes qui s'invétèrent en très-peu de temps dans les ateliers, et que, de plus, on leur fournirait l'occasion

d'étudier la nature sous des aspects plus variés.

Cependant, comme les meilleures choses tournent en abus, il ne faudrait pas oublier la recommandation que fait Léonard de Vinci, pour la disposition du jour dans un atelier. Celle qu'il indique est en effet très-favorable au plus beau développement des formes, et comme une disposition bizarre du jour ne doit être prise par un peintre que quand la nature de son sujet ou l'heure indiquée en fait une loi, en principe, on peut regarder la direction de la lumière venant sous l'angle de 45 degrés, comme ce qui satisfait le mieux le goût et ce qui produit sur le spectateur la sensation la plus agréable. C'est d'après ce principe que la fameuse *Joconde* de Léonard de Vinci est éclairée.

§ V. — *Manière de familiariser son esprit et ses yeux avec la dispensation de la lumière sur toutes sortes d'objets.*

Dans l'étude et l'exercice des arts, l'instinct et la sagacité des sens font concevoir rapidement mille secrets de la nature que

nous n'apprendrions jamais que très-imparfaitement par la science. Aussi la faculté naturelle de l'observation instinctive et réfléchie est-elle une qualité inhérente à tout homme qui est réellement né pour devenir peintre.

Il ne faut donc pas s'en tenir à l'étude régulière, et quelquefois un peu pénible, que l'on fait dans l'atelier du maître. Il faut devenir son maître à soi-même, et s'imposer des problèmes à résoudre, des difficultés à vaincre. Surtout, comme disait Apelle: *Nulla dies sine lineâ.* On doit avoir toujours le crayon à la main, et toutes les réflexions générales que l'on peut faire doivent se résoudre en un croquis ou un dessin qui prouve que l'on a trouvé un résultat.

Par exemple, on suppose qu'après avoir dessiné et ombré trois ou quatre figures d'après le relief, le jeune élève, devenu un peu plus satisfait de son ouvrage à son dernier essai, aille faire une promenade hors de la ville pour se distraire. Il part le matin et revient le soir. L'esprit plein des difficultés que lui a données l'imitation du modelé sur le corps humain, avec quelle facilité ne saisira-

t-il pas les effets de la lumière, et la projection des ombres sur des terrains dont les formes irrégulières ont quelque chose de rudement taillé dans leurs détails, ce qui rend les oppositions plus fortes, et par cela même plus faciles à saisir et à comprendre. Si les sinuosités plus adoucies du terrain laissent quelque doute dans son esprit, il porte la vue sur des habitations, sur une église, dont la disposition régulière et les plans bien déterminés, servent d'explication à ce qui lui avait paru douteux.

Des animaux viennent-ils à passer? il retrouve, sur des formes tout autres que celle de ses modèles ordinaires, l'occasion d'observer que la lumière s'y dispense d'après le même principe. Il voit que sur chaque objet pris en particulier, il y a un point plus lumineux que tous les autres, un point d'ombre plus vigoureux que le reste. Là, particulièrement en plein air, il observe la succession des reflets, qui sont plus vifs et plus distincts que sur sa statue, et dans son atelier.

Ces observations faites sur un individu, il les reporte sur un groupe, et enfin sur

l'ensemble du pays que son œil peut saisir, et partout il voit que la lumière se dispense d'après le même principe, et qu'enfin dans l'étendue d'un vaste paysage et du ciel qui le surmonte, il se trouve toujours un point lumineux qui éclipse tous les autres, une partie plus brune que le reste, ainsi que les deux séries de demi-teintes et de reflets.

C'est ordinairement après un travail opiniâtre dans l'atelier, que l'artiste, errant à l'aventure, et cherchant le repos, trouve toujours, au milieu d'une oisiveté apparente, l'occasion de poursuivre l'étude qu'il ne peut oublier.

§ VI. — *Comment un dessin monochrome peut exprimer les rapports des tons des couleurs entre eux.*

Lorsque l'œil et la main commencent à obéir assez facilement à la volonté pour rendre en dessin le contour et le modelé des formes d'un objet en relief, une nouvelle difficulté se présente : c'est d'imiter, toujours en dessin monochrome, le contour et le modelé des formes d'après la nature vi-

vante, et par conséquent coloriée. Le travail de l'artiste s'accroît alors non-seulement de la difficulté de copier un modèle qui ne reste jamais bien fixe, mais encore de celle qu'il y a à rendre la valeur relative des tons de couleur différens que le modèle présente.

On n'a encore à sa disposition que du crayon noir et du papier blanc : on ne peut donc exprimer la couleur des objets, mais il est possible de déterminer d'une manière précise l'intensité relative de chacun des tons des couleurs qui se trouvent rassemblées sur le nouvel objet qu'on veut imiter.

Pour être tout-à-fait clair, nous désignerons des couleurs; par ce moyen nous rendrons mieux notre pensée et nous porterons facilement la conviction dans l'esprit de celui qui nous lira.

Supposons que l'on mette devant les yeux du dessinateur une femme posée et éclairée comme l'est la Joconde de Léonard de Vinci : (on choisit cette pose parce qu'elle est connue de tout le monde). Que l'on imagine que cette femme a les cheveux, les sourcils et les prunelles noirs; que son teint est animé; que depuis les clavicules jusqu'aux seins,

elle est vêtue d'une chemise d'un blanc éclatant; que son corps est enfermé dans un corset rouge cerise; que plus bas passe un châle violet foncé, et qu'enfin tout cet ensemble se détache sur un fond grisâtre plus foncé que la partie éclairée des chairs et moins vigoureux que leurs ombres.

L'élève qui copierait assez facilement un buste en plâtre ou en marbre d'une seule couleur, disposé, quant aux formes et à l'attitude, comme celui de cette femme vivante, aura d'abord toutes ses idées bouleversées en cherchant à faire, d'après son nouveau modèle, un emploi rigoureux des principes établis pour modeler en dessinant. C'est le cas alors de faire observer qu'il en est des couleurs en peinture, comme des sons en musique, dont les uns sont graves, les autres aigus, et le grand nombre intermédiaires; et qu'en prenant successivement l'une des couleurs depuis les plus sombres jusqu'aux plus éclatantes, on pourra faire de chacune d'elles en peinture, comme de la note choisie pour tonique en musique, un point de départ pour parcourir dans un autre mode la même succession de rapports.

Si cette comparaison n'est pas saisie, il faudra en proposer une autre tirée de la science des nombres. Après avoir bien observé quelle est la portion de l'objet à copier dont le ton de couleur paraît le plus vigoureux, le plus grave, on reconnaîtra que ce sont les cheveux. Isolant alors cette partie du tout par la pensée, on verra que la lumière se dispense sur ces cheveux si bruns, absolument de la même manière que sur une forme semblable, mais qui serait blanche; que depuis la plus grande lumière, en passant par les demi-teintes, jusqu'à l'ombre en comprenant la série des reflets, on observe la même dégradation systématique de lumière sur du noir que sur du blanc. Il sera donc possible de figurer l'intensité relative de l'ombre, des demi-teintes et du clair de ces cheveux, par des nombres comme ceux-ci par exemple : 95, 94, 93, 92, 91, 90; quatre-vingt-quinze représentant l'ombre, et quatre-vingt-dix le clair.

Cette première observation faite, on dirigera successivement son attention sur les parties du modèle dont le ton de couleur paraît le plus éclatant.

En portant donc la vue sur la poitrine couverte d'un vêtement blanc, et frappée d'une vive lumière, on ne tardera pas à reconnaître que sur cette partie blanche l'ombre, les demi-teintes, le clair et les reflets se développent dans le même ordre que sur une partie noire; c'est pourquoi on figurera cette nouvelle dégradation par des chiffres comme : 6, 5, 4, 3, 2, 1.

Enfin renouvelant l'expérience sur le châle, sur le corset, sur les chairs, on exprimera le passage de l'ombre au clair par des successions de nombres, en ayant soin de les mettre le mieux en rapport qu'il sera possible avec l'intensité relative de la couleur de ces différentes parties : pour le châle violet foncé : 85, 84, 83, 82, 81, 80; pour le corset rouge cerise : 50, 49, 48, 47, 46, 45; pour les chairs du visage : 9, 8, 7, 6, 5, 4. Exprimant ainsi l'intensité du ton de couleur plus ou moins sombre, ou plus ou moins éclatant, par des séries de nombres plus forts ou plus faibles, mais se suivant dans le même ordre, et ayant les mêmes rapports entre eux.

Cet exercice ayant été plusieurs fois ré-

pété, on acquerra la certitude que tous les corps, quelle que soit leur couleur, offrent aux yeux des gammes, des séries de *tons* dégradés plus vigoureux et plus éclatans, de même qu'en musique l'oreille admet des gammes de tons plus graves et plus aigus, mais dont les rapports entre eux sont rigoureusement les mêmes. Le jeune peintre sentira qu'en modelant les plis d'une draperie blanche, ou ceux d'un vêtement brun, il change non pas de système, mais de mode; car qu'un musicien chante en *ré* ou en *fa*, que l'on dise 1, 2, 3, 4, ou bien 201, 202, 203, 204; ou qu'enfin l'on enferme les 90 degrés d'un angle droit entre les rayons d'un cercle d'une lieue ou d'un pouce de diamètre, le rapport des parties entre elles est toujours le même, la dimension seule varie.

On peut donc avec le dessin monochrome rendre l'intensité du ton relatif de chaque couleur entre elles. Il suffit pour cela d'indiquer avec des teintes plus foncées les clairs et les ombres des objets vigoureux de ton, et de tenir tout le système du modelé beaucoup plus faible quand la couleur de l'objet est faible de couleur, et que l'objet

est environné de lumière. La grande difficulté consiste, en dessinant d'après les objets coloriés, à bien saisir le rapport de l'intensité du ton de ce que l'on copie, abstraction faite de la couleur.

CHAPITRE III.

De la couleur.

Après avoir dessiné et modelé d'après le relief et d'après la nature vivante, il faut prendre la palette. Jusqu'ici il n'a fallu rendre les formes que par le dessin, par les demi-teintes et les ombres ; on exprimait tous ces accidens en faisant abstraction de la couleur des objets. Avec le crayon, sur du papier blanc, ou avec les crayons noir et blanc sur un papier de couleur, on ne faisait toujours qu'un dessin. Maintenant, outre le *contour* et le *modelé* qui marchent déjà concurremment, il faut y joindre la *couleur* propre à chaque objet.

Ce qu'il y a de mieux à faire et ce que l'on fait ordinairement pour tirer l'élève de l'embarras où le place cette condition de colorier, c'est de lui faire copier quelques

têtes peintes, d'après un maître dont le dessin soit correct et le coloris vrai et brillant. Les ouvrages du Titien sont, sans contredit, ceux où l'on trouvera les plus excellens modèles en pareille occasion. C'est le peintre dont le coloris est le plus naturel et dont le travail du pinceau est le plus exempt de manière. En se livrant à cet exercice on apprendra à connaître la nature et l'emploi des différentes substances dont on se sert pour colorier en peignant.

§ I. — *De la disposition des couleurs sur la palette.*

Le nombre des couleurs dont on fait usage pour peindre à l'huile est assez borné, et l'on ne s'occupera ici que de celles dont l'emploi est consacré par l'expérience. Voici leurs noms et l'ordre dans lequel on les place sur la palette :

1. Le *jaune de Naples* (jaune clair); 2. l'*ocre jaune;* 3. l'*ocre de rhue* (jaune foncé).

1. Le *cinabre* (rouge un peu orangé); 2. le *vermillon* (rouge); 3. le *Brun* ou ocre rouge; 4. la *laque* (violet rouge).

1. La *terre de Sienne brulée* (couleur acajou tirant sur le jaune); 2. la *momie* ou le *bitume* (couleur de bois de noyer foncé et bien vernis); 3. la *terre de Cassel* (couleur ressemblant beaucoup aux deux précédentes, mais infiniment plus intense).

1. Le *bleu d'outremer* et *de cobalt* (bleu d'azur); 2. le *bleu de Prusse* et l'*indigo* (bleu foncé dit de roi).

Beaucoup de peintres ont l'habitude, quand ces couleurs sont placées dans cet ordre sur le bord extérieur de la palette, de poser le *blanc* au-dessous du jaune de Naples et les *noirs* après ou au-dessous des bleus. On met ces deux substances hors de la ligne des couleurs, pour indiquer qu'elles ne servent qu'à en augmenter ou à en atténuer l'éclat. En effet, rien dans la nature n'est absolument blanc ni absolument noir. Des accidens qui varient et se reproduisent sans cesse font que l'étoffe la plus blanche de sa nature réfléchit toujours quelques teintes légères sur ses parties éclairées, et que le trou le plus profond et le plus obscur ne se voit jamais qu'à travers un voile de vapeurs atmosphériques.

On n'a fait mention que des couleurs dont on se sert le plus ordinairement. On en désignera cependant encore quelques autres qui augmentent la série des jaunes, des rouges, et au moyen desquelles on peut particulièrement obtenir les tons de couleur de certaines étoffes.

Parmi les jaunes, on se sert de *stil de grain jaune*, d'*ocre d'Italie*, de *jaune de chrome* (clair ou orangé), de *laque jaune.*

Outre les rouges indiqués ci-dessus, on peut, en certaines occasions, employer la *laque de garance* plus ou moins foncée, la *laque suisse* (violet très-foncé).

On a nommé tous les bruns.

On se sert rarement du *bleu minéral* qui n'est pas solide. Le *vert*, en général, se produit par l'amalgame du jaune avec le bleu. Cependant on a recours au *vert de Schéèle* (vert-de-gris) pour rendre le ton de certaines draperies.

Quant aux noirs, on en a de trois espèces : le *noir d'ivoire*, le plus intense et le plus vigoureux de tous ; le *noir de bois de pêcher*, d'un noir gris, et le *noir de liége*, plus gris et plus léger de ton encore que le précédent. On

fait souvent usage de ce dernier pour peindre les *ciels* et les fonds dans les paysages.

On se sert aussi, au lieu de blanc et comme substance augmentant l'éclat des couleurs avec lesquelles on le mêle, du *massicot.* C'est un blanc jaunâtre moins aigre à l'œil que le *blanc de plomb.*

§ II. — *Des couleurs opaques et des couleurs transparentes.*

Il y a des couleurs qui, lorsqu'elles sont broyées à l'huile, forment une pâte opaque; Tels sont le blanc de plomb, le massicot et le jaune de Naples;

D'autres au contraire auxquelles l'huile donne une transparence extrême. Ce sont les laques et les bruns.

Enfin, la plupart des autres couleurs n'étant complètement ni opaques ni transparentes, prennent successivement l'une de ces qualités par la manière dont on les emploie.

Pour obtenir toute l'intensité du ton d'une couleur opaque, il faut, en l'appliquant sur la toile, lui donner un certain

degré d'épaisseur, et c'est ce que l'on appelle *empâter.*

Au contraire, lorsque l'on désire employer les laques et les bruns dans toute leur force, on frotte la toile avec la couleur pour conserver à cette dernière toute sa transparence. Cette manière d'étendre la couleur se nomme *frottis.* En général on peint les clairs avec des couleurs *empâtées*, et les ombres avec des couleurs *frottées.*

Quant aux couleurs dont la nature opaque ou transparente est douteuse, elles servent particulièrement comme substances colorantes, c'est-à-dire que les jaunes et les rouges peuvent être mêlés avec le blanc ou le massicot, pour en faire des teintes opaques de jaune clair on de rouge clair. Le blanc ou le massicot leur donnent le degré complet d'opacité dont elles manquent. Enfin, si l'on mêle ces mêmes jaunes et ces mêmes rouges avec les bruns transparens, tels que la momie, le bitume ou la terre de Cassel, ces dernières couleurs donneront à celles à demi opaques, une transparence qu'augmentera leur emploi par le moyen du frottis.

Pour simplifier la matière que nous traitons, nous allons toujours, autant qu'il est possible, du simple au composé. En indiquant les moyens les plus généraux de peindre le clair et l'ombre, nous avons supposé ces deux accidens dans toute leur simplicité et dans toute leur force. Ce cas se présente souvent dans la nature; mais le peintre en préfère de plus agréables à représenter, qu'il est bien plus difficile de rendre. Ce sont ceux où non-seulement le passage du clair à l'ombre est marqué par une succession de demi-teintes qui se perdent l'une dans l'autre, mais où l'ombre, adoucie par l'éclat des reflets, ne paraît, au premier coup d'œil, qu'une continuation de la demi-teinte. Tels sont les effets que l'on recherche, par exemple, dans un portrait ou dans une composition, où l'on veut donner l'idée de la délicatesse des chairs d'une femme ou d'un enfant. Ceci conduit à l'art de peindre le ton local et les demi-teintes.

§ III. — *Du ton local et des demi-teintes.*

On désigne par ces mots : *ton local, cou-*

leur locale, car on emploie indifféremment les deux phrases, la couleur propre à chaque objet. Ainsi, quand un peintre a bien saisi la nuance légère qui distingue deux objets de couleur presque semblable, on dit de lui : il a bien exprimé le *ton local.* Enfin, c'est ce que les enfans, dans leurs idées simples, appellent couleur de chair, couleur de bois, couleur de terre, etc.

La dégradation de la lumière modifie singulièrement le ton *local.* Cependant il n'échappe jamais complètement à l'œil, parce qu'il y a sur tous les corps éclairés une place fixe où on le retrouve toujours.

Au moyen de deux ou trois cylindres de même diamètre, et dont le fût serait peint de couleurs différentes, on verrait à l'instant même où le *ton local* se conserve le plus pur. Ce sera inévitablement entre la partie la plus éclairée et les premières demiteintes ; car la grande lumière, comme sa privation, altèrent la couleur de l'objet.

Le ton local éclate donc avec le plus de pureté possible, immédiatement après le point le plus éclairé, et il est le premier indice de l'inflexion dans la forme et de la dégrada-

tion de la lumière. D'où l'on peut tirer cette conséquence si importante pour le peintre, que c'est principalement par la justesse des teintes qu'il compose sur sa palette et qu'il emploie sur sa toile pour exprimer le ton local, que l'objet reçoit la couleur qui lui est propre.

On se rappelle l'ordre dans lequel les couleurs, considérées comme matières colorantes, doivent être placées sur la palette. Au-dessous de celles-ci, on dispose les teintes qui résultent de leur mélange : d'abord *le clair*, où la couleur de l'objet est le plus modifiée parla lumière; puis le *ton local,* où la couleur de l'objet est la plus pure; puis la série des demi-teintes, où la couleur de l'objet est successivement plus affaiblie par la privation de la lumière, et enfin par l'ombre et les reflets.

Le principe pratique pour peindre a l'huile, est d'empâter les teintes qui servent à exprimer *le clair*, ainsi que le *ton local*; mais, à mesure que l'on s'éloigne de ce dernier pour aller vers la privation de lumière, on a soin de peindre plus légèrement, en *frottant* la teinte sur la toile avec la *brosse*,

jusqu'à l'ombre qui en général s'imite mieux avec des couleurs transparentes.

Quand on a fait les teintes sur la palette, un des plus sûrs moyens de les appliquer à propos sur la toile est, après avoir bien considéré l'objet que l'on veut copier, de marquer avec les teintes convenables le clair le plus éclatant, l'ombre la plus forte et le reflet le plus clair. Par ce moyen on a les trois points cardinaux du cercle de toutes les teintes claires et obscures, et les intervalles qu'ils laissent entre eux deviennent beaucoup plus faciles à remplir.

Parmi les précautions à prendre pour appliquer les teintes sur la toile, il en est une principale : c'est de ne point tourmenter les couleurs avec le pinceau, et de placer, comme disent les artistes, les *teintes vierges;* de cette pratique dépend la fraîcheur et la force du coloris. En effet, si l'on repasse dans sa mémoire les ouvrages des grands maîtres, on reconnaîtra que ce sont ceux, tels que Paul Véronèse, Le Bassan, Rubens et Tintoret, qui peignaient avec une franchise quelquefois un peu rude, dont le coloris a le plus d'éclat.

C'est donc une excellente habitude à prendre, dès que l'on fait usage du pinceau, que de s'exercer à poser la teinte avec assez de justesse, relativement à ce qu'exigent les lois du modelé et du coloris, pour que l'on ne soit pas forcé d'y retoucher. Ce soin est surtout nécessaire dans l'application des teintes de *clair* et du *ton local*, puisque l'une, la première, est la base sur laquelle repose tout le calcul de la dégradation de la lumière et du modelé, et que de l'autre dépend la vérité de la couleur.

§ IV. — *Des glacis.*

On a fait observer que les substances colorantes dont on se sert pour peindre sont de deux sortes : les unes sont opaques et couvrent entièrement la toile ou le panneau sur lequel on les étend ; les autres sont transparentes comme les *laques*, et teignent le fond sur lequel on les applique, tout en participant de sa couleur et en en fortifiant même leur propre éclat.

Si l'on étend sur une impression blanche de la laque rouge violette, ou du bleu de

Prusse, on obtiendra un rouge violet et un bleu assez clair, mais très-vifs et très-transparens.

Supposez que votre toile est imprimée en rouge vermillon, et que vous appliquez dessus une teinte de laque violette, le résultat sera une couleur pourpre. Enfin, si sur un fond jaune vous étendez du bleu, vous aurez du vert. Tels sont précisément le procédé et les résulats de la peinture par *glacis*. On en fait particulièrement usage pour imiter des tons de draperies que l'on n'obtiendrait pas d'une autre manière, parce qu'en effet il y a des étoffes qui, teintes avec les mêmes couleurs, ne conservent cependant pas le même ton. Du coton et de la soie imprégnés de la même couleur rouge n'auront pas la même apparence; l'un sera mat, l'autre transparente de couleur.

On conçoit de quelle ressource peut être ce moyen pratique employé pour fortifier, rendre éclatant ou modifier le coloris des chairs. En effet, on s'en sert pour augmenter la fraîcheur et l'éclat des tons clairs, pour *rompre* les demi-teintes et pour donner de la profondeur et de la vigueur aux om-

bres en diminuant leur obscurité. Les peintres vénitiens, flamands et hollandais emploient fréquemment et avec une grande habileté ce moyen. On dit même que quelques tableaux du Titien ont d'abord été peints en grisaille, et que c'est par le secours des glacis employés avec grand soin que le peintre est parvenu à leur donner cette vivacité suave de couleur qui charme tant. On croit que le *Christ flagellé* de ce maître a été exécuté en grande partie de cette manière.

Quoi qu'il en soit, l'usage partiel de ce procédé est toujours bon et souvent indispensable. C'est par des glacis légers que l'on parviendra à donner à ces petites portions d'ombres si vives et si douces tout à la fois, cette transparence et cette vigueur auxquelles la peinture empâtée n'atteint jamais; c'est ainsi que l'on peut rendre les détails des yeux, le creux des narines, l'ouverture de la bouche, les ombres portées par des cheveux légers, et tant d'autres accidens de ce genre dont l'imitation est toujours très-agréable.

Mais l'usage des glacis ne produit jamais des résultats plus heureux que quand on a

de grandes parties d'une composition à mettre dans le *demi-ton*. Lorsque, par exemple, on veut représenter une figure ou un groupe en plein air, mais sur lesquels un nuage, un arbre ou un monument éloigné portent une ombre légère, on peint d'abord la figure ou le groupe d'un ton très-faible et peu coloré; puis, après quelques jours de dessiccation, on revient sur son ouvrage en le retouchant avec soin par le moyen des couleurs appliquées par glacis. Vigueur, transparence et légèreté de ton, on obtient toutes ces qualités à un degré vraiment extraordinaire.

L'avantage des glacis est si facile à saisir, et l'on peut si promptement déduire toutes les conséquences de ce principe, que nous terminerons là ce que nous devons en dire, laissant aux peintres qui traiteraient en particulier le paysage, l'architecture et le genre, le soin de trouver eux-mêmes toutes les combinaisons d'un procédé si fertile en heureux résultats.

§ V. — *Des procédés différens que l'on emploie pour peindre.*

Dans le cours de ce traité on a choisi le

procédé matériel de la *peinture à l'huile* pour appuyer les observations que l'on a faites sur l'art. Ce mode de peinture est le plus ordinairement employé par les élèves qui étudient, comme par les maîtres lorsqu'ils produisent.

Cependant le jeune peintre studieux, et qui aime vraiment son art, non-seulement désirera de connaître les procédés différens dont on s'est servi et dont on se sert pour peindre, mais devra même essayer de les pratiquer tous. C'est à la fois un moyen de connaître les ressources matérielles de l'art que l'on exerce, et de rompre sa main à toute espèce de travail.

I. *Peinture à fresque.* — Comme le secret de la *peinture à fresque et encaustique* dont les anciens faisaient usage est perdu, on passera à la peinture à *fresque* telle que l'ont employée les modernes, en ne traitant toutefois cette matière que dans ses rapports avec l'art.

La *fresque* est employée ordinairement pour décorer de tableaux les murailles intérieures et extérieures des édifices. L'artiste chargé de ce travail, après avoir pris les di-

mensions exactes du mur sur lequel il doit peindre, dessine sa composition sur de *grands cartons*, puis les *modèle* avec le secours du crayon noir. Lorsque ce travail préliminaire est bien arrêté, il pique avec une aiguille tous les contours, et, en séparant la partie de son carton qu'il juge pouvoir exécuter sur le mur dans l'espace d'une journée, il fait appliquer sur la partie du mur qui correspond avec la portion analogue de sa composition, un enduit de mortier de chaux et de sable. Dès que l'enduit est pris, on applique dessus le carton piqué, et avec un tampon de linge fin rempli de noir, on *ponce* le trait piqué, qui se *décalque* sur le mur enduit.

L'usage, et il est bon, est de repasser le trait avec le pinceau ou avec un stilet aigu, comme faisaient les anciens maîtres italiens. Quoi qu'il en soit, c'est lorsque le trait est arrêté, et que l'artiste est en regard de son carton qui le guide, qu'il peint sur l'enduit frais encore, avec des couleurs détrempées dans de l'eau pure.

L'une des plus grandes difficultés que présente l'exécution de la peinture à fresque,

est de calculer la surface d'enduit que l'on pourra couvrir dans la journée, car lorsqu'il n'est plus *fresco* (frais, en italien), la couleur ne peut plus s'y incorporer et l'opération de la peinture à fresque ne se fait plus.

Il résulte de cette précaution indispensable que l'on ne peut exécuter, un tableau que par fragment, et qu'il faut terminer complètement la portion que l'on a commencée, avant d'en entreprendre une autre.

Il n'y a aucun doute qu'un genre de peinture qui offre des difficultés de cette nature, ne dût singulièrement influer sur l'instruction élémentaire que l'on donnait aux jeunes artistes qui étaient appelés à faire usage de ce procédé. La science profonde du dessin, du modelé et de l'emploi des couleurs pour rendre la nature, devenait indispensable. Car il n'est pas possible à un peintre d'exécuter un ouvrage à fresque comme cela se pratique à l'huile *au bout du pinceau,* et sans réflexions. Au contraire, ce genre exige les combinaisons les plus savantes, la tenue la plus forte d'attention dont un homme soit susceptible.

Quand donc la pratique de la fresque n'aurait que cela de bon de forcer un peintre à arrêter d'une manière fixe la disposition, le dessin, le modelé et l'harmonie des couleurs de ses compositions, cette nécessité salutaire suffirait pour qu'il dût s'adonner au moins quelquefois à ce genre de peinture.

On ne dira rien de la *gouache* et de la peinture *en détrempe*. C'est la fresque moins la fixité des couleurs sur un enduit.

II. *Peinture à l'huile.* — Ce fut certainement un grand accident pour l'art de la peinture, lorsque, vers la fin du quinzième siècle, Antonio da Messina apporta d'Allemagne en Italie le secret de peindre *à l'huile,* qu'il avait appris de Van Eyck. Quoiqu'il soit vrai de dire que pour un artiste dont la tête est forte, et la manière consciencieuse, le procédé qu'il emploie est toujours subordonné aux efforts de sa volonté, cependant on ne peut douter qu'un moyen plus ou moins facile de revenir sur son travail, de modifier ses idées et de retoucher ce qui est fait, n'ait à la longue une influence marquée sur les productions de la masse

des artistes d'un pays à qui on transmet cette faculté. Si les études nécessaires pour peindre à fresque ont formé des hommes comme Masaccio, Léonard de Vinci, Michel Ange et Raphael, dont les ouvrages à l'huile ont tant de pureté et de correction, peut-être ne serait-il pas téméraire de penser que les Pietre de Cortone et les Luca Giordano ont fait des fresques si désordonnées parce qu'ils commencèrent à étudier l'art en peignant à l'huile.

On s'abstiendra de fournir ici des détails plus amples que ceux qui ont été donnés déjà dans cet ouvrage sur la manière de peindre à l'huile. On se bornera à dire que ce procédé, plus parfait que la fresque, ne peut que faciliter le développement du talent d'un artiste qui étudie sérieusement; mais que l'apparente et dangereuse facilité avec laquelle on manie les couleurs préparées à l'huile, est l'écueil le plus redoutable pour les jeunes peintres à qui la nature a donné plus de vivacité que de courage, plus de facilité que de talent.

III. *Du lavis.* — Le *lavis monochrome* a été rangé dans la catégorie de ce que l'on nom-

me les *dessins;* car il n'y a pas de peinture sans couleurs.

Lorsqu'un *dessin lavé* à l'encre de la Chine est bien modelé dans toutes ses parties, si vous appliquez sur chaque objet séparé une teinte transparente de la couleur qui lui est propre, vous ferez ce que l'on appelle une *enluminure;* ce qui est pour la peinture à l'eau, précisément ce qu'un *glacis* est pour la peinture à l'huile.

Si au lieu de procéder de cette dernière manière, par l'*enluminure*, on étend sur du papier blanc des couleurs broyées à l'eau gommée, comme nous avons enseigné à employer celles broyées à l'huile, c'est-à-dire en faisant des teintes par le mélange, on peindra à l'*aquarelle.* Il y a cependant une différence capitale dans le procédé et le résultat de ces deux genres. A l'*aquarelle* on n'emploie que des couleurs transparentes ou que l'on rend telles par la quantité d'eau suffisante. Le blanc, le massicot, et en général toutes les couleurs opaques au moyen desquelles on exprime les clairs en peignant à l'huile, ne servent point à l'acquarelle. Dans ce dernier genre, le blanc du papier

conservé soigneusement, sert à rendre les clairs, que l'on colore, ainsi que le reste, avec des teintes légères mais vives et fraîches.

Il ne faut pas faire usage trop fréquemment de la peinture à l'*aquarelle*, parce que ce genre porte à exécuter mesquinement et avec une gentillesse de couleur, qui est plutôt le fait d'un peintre d'éventail que d'un artiste; mais on aurait tort de le négliger entièrement, car il donne de la délicatesse à la touche, et rend l'œil fin sur la pureté du ton des couleurs, qui ne sont point altérées par l'eau, comme elles le sont toujours par les huiles, quelque bien clarifiées qu'elles puissent être.

IV. *Peinture sur verre, porcelaine, émail, bois, pierres, métaux, étoffes, etc.*—Après avoir indiqué les divers modes de peinture qu'il importe réellement à un artiste de connaître et même de pratiquer, venons aux autres procédés. Les uns ne sont que des modifications de ceux dont il a été question; depuis longtemps les autres ne sont plus d'usage que dans des cas particuliers, ou enfin, ils sont plutôt une branche d'industrie qu'un art.

La *peinture sur verre* présente tous ces cas

d'exception. Considérée sous le point de vue de l'art, la manière dont on employait les couleurs sur les vitraux est la même que pour l'enluminure, c'est-à-dire que l'on ne mettait que des teintes à plat, sans dégradation de couleur ni de lumière. C'était au moins ainsi qu'opéraient les artistes qui ont peint sur verre jusqu'au quinzième siècle. Le mérite pittoresque de ces ouvrages était dans le trait, la composition et le choix harmonieux des couleurs. Quant au procédé matériel pour teindre le verre, dont la connaissance est, dit-on, perdue, c'était l'affaire du peintre verrier.

Depuis un siècle on a fait beaucoup d'efforts pour remettre la peinture sur verre en honneur. Sous le rapport industriel et commercial, ces tentatives sont fort louables, mais l'art de peindre sur verre, et l'art de la peinture en général, n'y ont rien gagné.

Dans les ouvrages de cette nature faits depuis soixante ans jusqu'à nos jours, on est parvenu à imiter la dégradation de la lumière et de la couleur, mais d'une manière bien imparfaite relativement aux tableaux peints à fresque, à l'acquarelle, et

surtout à l'huile. Dans l'état où est ce procédé aujourd'hui, il ne peut être d'aucune utilité pour faire valoir le talent d'un homme habile.

La *peinture sur émail* est à peu près dans le même cas. Le procédé et les matières dont le fameux Petitot faisait usage sous le règne de Louis XIV, sont perdus, à ce que l'on assure. Aujourd'hui, pour peindre en ce genre, on étend, par le moyen du feu, de la pâte d'émail blanc sur une plaque d'or, puis avec des couleurs minérales on peint d'après le même procédé qu'à l'acquarelle, c'est-à-dire en conservant la pâte blanche pour exprimer les clairs modifiés par des couleurs transparentes. Le choix des matières colorantes, et la manière d'exposer ces peintures au feu pour les faire vitrifier, sont l'objet d'une industrie particulière, qu'il serait trop long de faire connaître, et qui d'ailleurs n'entre pas dans notre sujet.

La *peinture sur porcelaine* est précisément dans le même cas, mais elle offre plus de ressources et permet davantage au talent de se développer. Les soins que des personnes habiles ont récemment donnés à ce genre

de peinture, et les bons ouvrages qui sont sortis de leurs mains, l'ont particulièrement fait distinguer; il est surtout agréable pour les portraits, pour l'ornement des vases et des meubles en porcelaine.

La *miniature*. — Originairement on appelait *miniatori*, miniateurs, en Italie, ceux qui dès le quatrième siècle faisaient à l'eau gommée, et avec des couleurs gouachées, des ornemens et des peintures pour les manuscrits. Le Virgile et le Térence du Vatican renferment les plus anciennes *miniatures* de cette espèce. L'usage en devint fort commun jusqu'au seizième siècle, où fra Angélico da *Fiesole* a fait les plus belles; on les admire encore. Depuis un siècle et demi environ on est convenu d'appeler *miniature* toute peinture de petite dimension, exécutée à l'eau et à la gouache sur du papier, du vélin ou de l'ivoire. Cette dernière matière a tellement prévalu dans la pratique, qu'aujourd'hui on ne reconnaît pour *miniature* que ce qui est peint sur ivoire, et que l'on donne le nom d'aquarelle à ce qui est exécuté sur papier ou sur vélin.

Peinture sur bois, sur pierre, etc. — Quant

à ce que l'on appelle la *peinture sur bois*, *sur toile*, *sur pierre*, *sur métaux*, etc., c'est un abus de mots. On ne peint jamais sur ces différentes matières sans y appliquer préalablement un enduit, une impression, ou un liniment qui sert d'intermédiaire, et sur lequel on fixe les couleurs.

Tout ce qui a été dit relativement à la méthode de préparer les couleurs et les teintes sur la palette, et d'appliquer les tons sur la toile, pour exprimer le modelé et le coloris des objets que l'on cherche à imiter, paraîtra peut-être bien compliqué. L'élève qui lira ce traité sera sans doute effrayé de l'appareil et de l'ordre mathématique que l'on introduit dans la pratique d'un art qui ne promet ordinairement à la jeunesse que du plaisir et des succès faciles.

Mais, on doit le savoir, l'exposition méthodique de l'art le plus simple et le plus connu exige de la part de celui qui entreprend de la faire une exactitude minutieuse, qui blesse également le lecteur quand on lui explique ce qu'il sait déjà, ou que l'on fait des efforts pour éclaircir ce qu'il a de la

peine et un grand intérêt à comprendre. On glissera donc sur les vérités banales qu'il a fallu redire, pour rejeter toute son attention sur les parties de ce traité dont la nouveauté pourrait au premier coup d'œil contrarier les idées reçues.

On a présenté successivement les principes qui peuvent le mieux guider dans l'étude pratique du *dessin*, du *modelé* et de la *couleur*. Maintenant on s'occupera de déterminer le mode d'étude le plus propre à coordonner les premières connaissances pratiques, et à les faire servir à fixer la réflexion et les observations du jeune peintre, sur la nature des formes et des objets que le talent d'imiter met en quelque sorte à sa disposition.





APPLICATION DES MOYENS PRATIQUES A L'IMITATION DES OBJETS.

CHAPITRE PREMIER.

Des formes.

De toutes les facultés physiques et intellectuelles dont il est nécessaire qu'un artiste soit doué, celles d'analyser les parties, et de saisir l'ensemble de leurs rapports par le secours de l'œil et de l'esprit, sont les plus indispensables. Tout dans la nature présente à la vue et à l'intelligence du peintre une succession de formes dont les proportions et l'apparence varient sans cesse de *figure*, d'*éclat* et de *couleur*. Ces trois *attributs* de la forme, soumis, dans leur manifestation apparente, à des règles fixes, servent de base aux études du *dessin*, du *modelé* et

du *coloris* par le moyen desquels on en exprime l'imitation.

SECTION PREMIÈRE.

Du contour.

§ I. — *Du contour-ligne.*

Dans la première division de ce traité, on a considéré le dessin comme un moyen analytique d'imiter la partie des formes que le *contour* rend apparentes. Maintenant, il convient de rechercher ce que c'est que le *contour* envisagé comme résultat de la succession des formes exprimées par le dessin, et faisant impression sur la vue, l'imagination et l'intelligence de celui qui le regarde. On commencera par donner des exemples, parce qu'en traitant de la peinture, il faut toujours que la vérité pénètre par les sens.

Si l'on compare donc un carré avec un cercle, un ovale avec un lozange, il est certain que ces lignes qui suivent des directions différentes, qui par leurs rapports entre elles déterminent des figures, où l'on saisit à la fois une très-grande différence et des analogies évidentes; il est certain, disons-nous, que l'organe de la vue sera vivement excité,

et que notre imagination s'épuisera en recherches conjecturales, jusqu'à ce que la réflexion et l'intelligence aient analysé, comparé et précisément apprécié les rapports qui rapprochent ou différencient les deux figures.

Le *contour*, considéré relativement à l'art de la peinture, est donc une ligne qui détermine la figure apparente sous laquelle se présente un objet à notre vue. Ce n'est pas la forme même de l'objet que nous voyons, mais seulement son apparence fortuite; c'est ce que le peintre se propose d'imiter. Il le saisit dans le *contour*, il l'exprime par le *dessin*.

Tout en estropiant sa langue, un paysan trouve le moyen d'exprimer sa pensée avec énergie et finesse : un jeune enfant, heureusement disposé pour les arts, tout en estropiant les détails des formes, saisira l'ensemble du *contour* d'un objet et lui donnera si bien son aspect et son apparence, que tout le monde reconnaîtra à l'instant ce qu'il a copié. Il y a donc dans le dessin comme dans l'éloquence, un moyen de reproduire ce que l'on voit et ce que l'on sent,

qui est indépendant de la correction minutieuse des formes et de l'exactitude grammaticale des phrases. Or, comme le rapport nécessaire entre les pensées frappe toujours plus que la connexion exacte des paroles entre elles, de même le dessinateur qui déterminera le mieux le rapport des angles, qui saisira le plus vivement la courbure générale d'une grande ligne, relativement à une autre, imitera certainement mieux que celui qui, privé de toutes ces qualités, aura seulement celle de rendre les petites inflexions accidentelles des aspérités qui se rencontrent dans un *contour*.

Il est évident que le *contour*, que les inflexions de la *ligne* modifiée à l'infini, sont pour le peintre comme une langue au moyen de laquelle il comprend, il lit la nature, et traduit et exprime ce qu'il a senti, pour le faire sentir à d'autres. En un mot, le *contour*, la *ligne* est ce qui parle le plus intimement à l'œil et à l'imagination; aussi le peintre ne saurait-il faire une étude trop approfondie de la science du dessin, au moyen de laquelle il peut les saisir et les rendre.

§ II. — *De la caricature et du beau.*

Comme on vient de le dire, l'ensemble de l'apparence des formes, le contour, peut être très-finement saisi, sans que pour cela les détails des formes aient besoin d'être rendus avec beaucoup d'exactitude. Toute paradoxale que puisse paraître cette proposition, elle exprime cependant une vérité rigoureuse. On en offrira pour preuve les *caricatures* qui ressemblent plus qu'un portrait, bien que chaque partie du contour, prise isolément, soit ridiculement exagérée; tandis qu'un contour où tous les traits du visage auront été minutieusement copiés, ne reproduira quelquefois pas dans son ensemble, la ressemblance, l'apparence de la figure dont on a voulu donner l'idée.

Or, la *caricature* est un jeu de l'imagination, qui tient une place importante dans l'art. C'est le premier ou le dernier anneau d'une longue chaîne, dont l'autre extrémité est le *beau*. Aussi dans les écoles où l'on étudie l'art sérieusement, le maître qui recommande pendant le travail régulier de cher-

cher à saisir la nature sous son point de vue le plus beau, a-t-il soin, dans les momens de loisir et de gaîté, d'exciter ses élèves à s'exercer entre eux à la *caricature*. Ordinairement les jeunes gens qui réussissent le mieux en ce genre sont aussi les plus ardens à découvrir ce qu'il y a de beau dans les formes ; car les sens sont simultanément frappés du beau et du laid visibles, comme l'âme reçoit du même coup l'impression du bien et du mal. Il y a quelque chose de mystérieux dans le rapport frappant et subit de ces contraires, que nous ne chercherons pas à définir, mais qu'il est important de constater, et c'est ce que l'on fait ici afin d'éveiller l'attention sur ce phénomène incontestable.

Pour le développement de notre sujet, il suffit de dire que pour exprimer le *ridicule* ou le *beau* des formes, le contour est le moyen le plus prompt, le plus sûr et le plus puissant.

§ III. — *Proportions des formes.*

Mais le beau et le laid ne sont pas les seuls attributs de la forme que le contour puisse exprimer. Il y a dans les corps, dans les

êtres animés, et notamment dans l'homme, qui est l'objet particulier de nos observations, un résumé visible de ses formes, qui indique dans chaque individu une destination spéciale. Entre un être dont la structure provoque le rire et celle d'un homme qui produit l'admiration, il y a une foule d'individus intermédiaires, dont les proportions et l'allure, dont les formes enfin, semblent destinées à tel emploi plutôt qu'à tel autre. Il n'y a personne qui en voyant un homme bien pris dans sa taille, montrant de l'agilité et de la souplesse dans ses membres, ne se soit dit en lui-même : voilà un chasseur, un danseur; celui-ci doit bien tirer des armes, celui-là a la fibre molle; cet autre, au maintien indécis, trahit des habitudes efféminées. Telle femme ne paraît formée que pour inspirer l'amour, une autre a dans toute l'habitude de son corps un je ne sais quoi qui fait naître en même temps le désir et le respect. Toutes ces qualités se retrouvent exprimées d'une manière sensible et palpable par les modifications de la forme dont le *contour* est certainement le signe le plus expressif.

Ainsi, sur les vases dits étrusques, par

exemple, on voit des sylènes, des satyres, des centaures, des sauteurs, des athlètes, des héros et des divinités dont le caractère des formes relatives à la destination ou à la vocation de chaque individu, est exprimé de la manière la plus précise par un seul trait, sans indication d'ombres et sans couleurs.

Outre le *beau* et le *laid*, le contour exprime donc les proportions et l'emploi particulier auquel la nature semble avoir soumis et destiné tel ou tel système de formes.

§ IV. — *Expression, geste.*

Mais l'analyse qui nous a conduit à reconnaître qu'au moyen du contour on peut exprimer le beau, le laid, et toutes les proportions intermédiaires qui déterminent un emploi particulier des formes, nous découvrira également que c'est par le contour que l'on exprime surtout les sentimens instinctifs ou réfléchis qu'éprouve l'homme, et qu'il manifeste par les *mouvemens*.

De toutes les erreurs vulgaires, la plus dangereuse pour un peintre est de croire,

comme les gens inattentifs l'assurent, que la face des animaux, et surtout celle de l'homme, est la partie du corps où les sentimens involontaires et réfléchis se peignent exclusivement.

Comme l'expression simple ou complexe des sensations et des sentimens d'un être vivant est inséparable de ses mouvemens, c'est dans le *geste* qu'il faut la chercher et qu'on la trouve. Cela est si vrai que quand nous observons un homme dont la position est telle que nous ne puissions pas voir sa face, cependant l'inclinaison de sa tête relativement à son col et à ses épaules, le mouvement de torsion qu'exerce son corps et la direction de ses membres supérieurs et inférieurs, ne nous laissent point douter de son intention. Soit donc qu'il s'apprête à exécuter une action simple, comme de lancer une pierre ou de sauter un fossé, ou soit même qu'ayant un intérêt à dissimuler ce qu'il veut faire, il s'apprête à porter un coup inattendu à un animal, à un ennemi qu'il guette et qu'il va frapper, son geste trahit toujours son dessein.

Or, c'est toujours par la direction géné-

rale des lignes qui constituent le *contour apparent,* que le *geste* se manifeste à nos yeux. C'est donc par le *contour dessiné* que l'on peut l'imiter.

Bien que l'on soit à même de s'assurer par l'observation journalière de la vérité de ce qui vient d'être avancé, on pourra consulter encore les peintures des vases dits étrusques, où les figures, quoiqu'ayant la face dans un état de calme très-grand, ne laissent pas cependant d'indiquer par les mouvemens relatifs de tous leurs membres, par le geste enfin, ce qu'elles font ou ce qu'elles vont faire, ce qu'elles obtiennent et ce qu'elles désirent, ce qu'elles espèrent ou ce qu'elles redoutent. Pour un peintre comme pour un statuaire, l'expression d'un mouvement, d'une sensation, d'une passion, et même de la méditation la plus calme, ne gît pas dans telle ou telle partie du corps; elle résulte du rapport de toutes les parties entre elles, du secours qu'elles se prêtent mutuellement, et de leur concours simultané vers un seul but quand le mouvement est simple, vers plusieurs quand il est complexe.

Mais comme on aura plus d'une occasion de reparler du contour à l'occasion du modelé avec lequel il se complique, nous allons passer à l'étude de cette autre partie de l'art, qui a pour objet d'imiter les proportions relatives des formes en saillie et en profondeur, comme le contour les détermine par les profils.

SECTION II.

Du modelé.

On imagine facilement une figure d'animal ou d'homme, déterminée par un simple contour et où les formes intérieures ne sont pas même indiquées par des traits ou des points. Tout le monde a vu découper des *silhouettes* sur du papier noir ou blanc, et a dû être frappé de l'extrême ressemblance que l'on obtient souvent avec ce genre de dessin si peu compliqué, tant le *contour* a de puissance sur nos yeux, sur notre imagination et sur notre réflexion.

Maintenant, que l'on mette à la disposition de notre esprit les clairs, les demi-teintes, les ombres et les reflets de tous les objets

qui produisent et reçoivent l'influence de ces accidens, puis que l'on nous ordonne de former quelque chose de déterminé avec ces élémens, en nous retirant toutefois la faculté de choisir et de tracer un *contour*, que pourrons-nous faire? Rien. La lumière est comme un liquide qui n'a pas de forme par lui-même et n'en reçoit accidentellement que par le vase qui le contient. Le contour général d'un corps est donc le vase. Le *contour dessiné* est ce qui reproduit l'aspect particulier sous lequel nous envisageons le *contour général :* c'en est la *silhouette*. Or, il est impossible de donner aux yeux et à l'esprit l'idée d'une forme sans l'opération préalable et indispensable de la *silhouette*.

Le *modelé*, l'expression de la lumière et des ombres sur les corps, dépend donc absolument du *contour* qui spécifie et détermine la forme générale et caractéristique de l'objet.

Mais comme en peinture on se propose d'imiter la nature, non-seulement dans ce qu'elle a de simple, mais dans ce qu'elle offre de composé, le contour qui exprime

tant, mais qui n'exprime pas tout, ne suffira pas, et c'est le *modelé* qui lui servira de complément dans l'expression des formes.

Pour être plus facilement compris, nous ferons nos démonstrations sur un corps régulier. Que l'on suppose donc une sphère placée devant nos yeux, et donnons-nous la faculté de la trancher dans tous les sens comme bon nous semblera. La coupant donc de haut en bas, par le milieu et dans le plan vertical et parallèle à nos yeux, nous ôtons pour un instant l'hémisphère qui nous cachait son centre et son diamètre, et nous découvrons une superficie plane enfermée dans un cercle. Ce cercle est à peu de chose près le *contour*, la *silhouette* de la sphère entière, et ce contour ou cette silhouette en détermine la forme seulement de profil. On fera dessiner ce profil de la sphère à l'élève.

Cette opération faite, on replacera l'hémisphère antérieur, en ayant soin que le rayon lumineux qui l'éclairera soit unique et bien direct (le mieux est d'employer une lampe). L'élève s'apercevra qu'indépendamment du contour qui se dessine *de*

profil sur le champ libre devant lequel es placée la sphère, il y a une foule de *contours* qui avancent plus ou moins sur l'œi à mesure qu'ils se rapprochent du poin principal où le rayon visuel du spectateu va aboutir. Pour rendre ce phénomène plu sensible, on pourra substituer momentané ment à la sphère pleine, une autre sphère à jour, composée de six, de douze ou de vingt-quatre diamètres, en fil de laiton, en sorte que, partant du premier cercle entièrement développé, et dont on a fait le dessin, l'élève puisse successivement saisir la diminution de la courbure des cercles, tant qu'enfin son œil venant à rencontrer le cercle de laiton qui s'enfile précisément avec le rayon visuel de son œil, il se convaincra que ce cercle n'ayant plus de développement de profil soit à droite ou à gauche, il ne présente plus à sa vue que l'apparence d'une ligne verticale. On se convaincra par là de l'importance plus ou moins grande du contour, à mesure qu'il développe la forme de l'objet dans ses dimensions les plus complètes, et l'on sentira la nécessité de chercher les moyens de

rendre tous les autres contours, venant toujours plus près de l'œil à mesure que la forme extérieure de l'objet se rapproche plus de l'œil du spectateur.

On reviendra à la sphère pleine. On tracera légèrement sur sa surface des traits de crayon qui figureront les six, douze ou vingt-quatre fils de laiton qui composent la sphère à jour; et après avoir eu soin de recommander à l'élève de rester fixe à sa place pour ne point changer son point de vue, on promènera la lampe de manière à faire décrire successivement à l'ombre des courbes se rapprochant toujours plus du demi-cercle à mesure que le rayon de la lumière deviendra plus parallèle avec le rayon visuel du spectateur. De cette façon on ne pourra manquer de saisir le rapport qui s'établit entre la projection de la lumière et la forme des corps qui la reçoivent.

Mais il sera bon de faire l'application de ce qui vient d'être démontré au moyen d'un corps régulier, sur des corps qui ne le sont pas. On pourra s'exercer l'œil sur des statues moulées en plâtre bien blanc, et éclai-

rées par une lumière bien franche. Si le jour vient du haut sur la statue, on verra en la regardant alternativement de face et de profil, que les parties les plus éclairées sont celles dont le contour est le plus saillant; que les profils les plus voisins de la perpendiculaire sont voilés de demi-teintes et qu'à mesure que le profil rentre, l'ombre devient plus complète. Enfin la projection des ombres portées fera juger de la saillie d'une partie du corps sur une autre. Par le moyen de cette comparaison répétée sur plusieurs aspects d'une statue diversement éclairée, tantôt du haut, tantôt du bas, on verra que la dégradation de la lumière sur les corps est une manifestation de l'inflexion et de la saillie de leurs formes, et que c'est par cette raison que si un peintre donne l'idée du relief et du mouvement d'une figure en copiant les clairs, les demi-teintes et les ombres, par les mêmes raisons, mais déduites dans un ordre inverse, un statuaire peut modeler une figure en relief d'après un dessin ou une peinture habilement exécutée; d'où il faut conclure qu'il y a évidemment un rapport exact et nécessaire

entre la forme d'un corps et la quantité de lumière qu'il reçoit.

SECTION III.

L'exercice simultané du dessin, du modelé et du coloris conduit à l'étude des formes réelles.

Toutes les réflexions qui font la matière des sections précédentes se présentent toujours à l'esprit des élèves, mais confusément. Nous les avons reproduites dans un ordre systématique, en les accompagnant de démonstrations aussi évidentes que possible, afin d'aider les jeunes artistes à débrouiller le chaos d'idées que leur suggère la nature quand ils en étudient séparément les phénomènes. Un instinct secret les pousse toujours à ramener à un principe unique des vérités qui, par le fait et par la théorie, ne se rattachent qu'à une seule, mais que le maître est obligé de leur faire connaître en détail, pour éviter que la complication des études ne fatigue trop les organes des sens, et ne jette la confusion dans les idées. Ainsi on initie l'élève à la connaissance des formes, d'abord par le *dessin*, comme la base

sur laquelle repose tout l'art; ensuite par le *modelé* qui est la conséquence du dessin, et enfin par le *coloris* qui sert de complément et comme d'enveloppe à tous les objets que l'on se propose d'imiter.

Lorsque pendant un certain temps l'élève a pratiqué simultanément ces trois parties de l'art, par instinct ou par réflexion, il a été forcément conduit à les rapporter, ainsi que nous l'avons fait, à un seul et même principe, la nature des *formes*.

Jusqu'à ce moment la perspective linéaire dont il n'avait fait usage que comme d'un moyen mécanique, par le secours duquel il pouvait copier plus facilement, prend dans son esprit une toute autre importance. L'étude de cet art, qui a pour objet de représenter les corps comme on les voit et non tels qu'ils sont, ne manque pas d'inspirer à un élève tant soit peu réfléchi le désir de connaître au juste la différence qui s'établit toujours entre l'apparence et la réalité. En prenant une connaissance plus approfondie des lois de l'optique, des phénomènes de la vision, et, par conséquent, de l'altération des formes qui y sont constamment soumi-

ses, il sent l'indispensable nécessité de s'assurer de la réalité des formes. Aussi ses études se dirigent-elles alors sur les proportions, la pondération, l'enchaînement des parties et le mouvement des corps.

Mais on l'a déjà dit : l'homme est le point central vers lequel tendent toutes nos observations, non-seulement parce que cet être animé est représenté par les peintres plus souvent que tous les autres, à cause de son importance morale, mais parce qu'il offre encore dans sa structure physique le plus de combinaisons variées de la forme. En effet, l'étude de l'homme physique mis en mouvement par ses besoins, ses passions et ses sentimens, et soumis aux impressions des objets extérieurs qui l'environnent, rend la connaissance de l'organisation des êtres inférieurs à lui, comparativement facile à saisir ; or, qui peut le plus peut le moins. Il reste donc convenu que tout ce qui sera dit plus bas au sujet des *proportions,* de la *structure anatomique*, de la *pondératiou* et du *mouvement* se rapporte d'abord à l'homme, sauf à en faire l'application à des êtres organisés d'une manière plus simple, depuis les ani-

maux jusqu'aux plantes et aux corps privés de la vie.

§ I. — *Des proportions des corps.*

Lorsqu'un élève a fait plusieurs contours sur le papier ou sur la grande planche noircie, la nécessité où il s'est trouvé à tout moment de comparer les longueurs et les largeurs des objets qu'il copie, l'amène tout naturellement et en très-peu de temps, à retenir dans sa mémoire les *proportions* des parties avec le tout, ainsi que les proportions relatives de ce tout ensemble avec un autre tout qui lui sert de terme de comparaison. Ainsi il est impossible qu'un jeune peintre, après avoir achevé, dans le cours d'une semaine, les contours dessinés d'un Sylène, d'un Apollon, d'un jeune enfant, d'un Hercule et d'une Vénus, ne s'aperçoive pas qu'outre la modification très-variée de la sinuosité du contour, il y a dans les parties analogues de chacune de ces figures des longueurs, des largeurs et des épaisseurs dont les différences relatives caractérisent d'abord l'âge et les sexes, puis le

degré de force, d'élégance et d'agilité qui se rapporte à chaque individu.

Tant que la comparaison des proportions différentes d'un être à un autre, ne sert qu'à distinguer un homme d'une femme, un enfant d'un homme, un être fort d'un individu faible, l'instinct suffit, puisque, dans l'usage de la vie, tout le monde fait ces distinctions sans études; mais la difficulté commence quand du genre on descend à l'espèce, et que comparant plusieurs femmes, plusieurs enfans du même âge et du même sexe, plusieurs hommes faits, les uns avec les autres, on cherche à décider quelles sont *les proportions* les plus naturelles, et par conséquent les plus parfaites, relativement à chacune des séries de ces individus.

Cette recherche a beaucoup occupé des artistes justement célèbres; mais, il faut l'avouer, leurs travaux sur ce sujet, travaux qu'il faut connaître, sont loin cependant d'être satisfaisans pour la pratique. Parmi les peintres qui ont écrit sur cette matière et dont les tablaux servent de garanties à la solidité de leurs opinions sur la théorie, on doit citer Léonard de Vinci, Albert Durer,

le Poussin et Audran. Les deux premiers ont donné des mesures pour les proportions du corps humain, déduites d'un grand nombre d'observations faites sur la nature vivante. Les deux autres se sont bornés à mesurer les différentes statues antiques qui leur ont semblé les plus parfaites, de manière à ce que l'on pût consulter le module métrique de l'Apollon, de l'Hercule Farnèse, de la Vénus ou de l'Antinoüs, pour l'appliquer au personnage de nature analogue que l'on voudrait introduire dans une composition.

L'ouvrage de Léonard de Vinci sur les proportions du corps humain est perdu, et l'on n'en peut prendre une idée que par quelques extraits qu'il a cités dans son Traité de peinture.

Le livre d'Albert Durer existe; il est intitulé *de Symetriâ partium humanorum corporum.* Mais il suffit de jeter les yeux sur les figures qui accompagnent le texte, pour se convaincre que l'auteur n'a point atteint le but véritable. Les hommes et les femmes qu'il a représentés, mesurés d'après les principes qu'il établit, sont tantôt d'une lon-

gueur et d'une maigreur démesurée, ou présentent une masse raccourcie, qui se rencontre, mais que l'on ne trouve pas ordinairement dans l'homme. Cependant il faut connaître ce livre rempli de science, et où l'observation de la nature se fait jour à travers les erreurs.

En mesurant minutieusement les parties comparées de différentes statues, Poussin et Audran nous semblent être tombés dans deux erreurs graves. La première, c'est qu'il est physiquement impossible de mesurer une statue aussi bien qu'un être vivant; car, sans parler des muscles et de la peau dont la faculté rétractile ne permet pas qu'on en saisisse la juste dimension, les os même ne peuvent être mesurés dans leur longueur et leur largeur. Comment mesurer, par exemple, la largeur du corps du Discobole ou du Thésée (Cincinnatus), dont les bras ramenés vers la poitrine diminuent de deux ou trois pouces, par ce mouvement, l'étendue qu'auraient les épaules si le personnage était debout. L'Apollon porte sur une jambe, et de ce côté tous les os refoulés dans la cavité des articulations, diminuent la hauteur véri-

table de toute la figure, tandis que l'extension des tendons de l'autre côté augmente l'autre portion du corps. Où trouver la moyenne proportionnelle entre la hauteur refoulée et celle qui est étendue? l'opération ne pouvant se faire régulièrement au moyen du compas, il vaut mieux alors mettre de côté tous les instrumens, et apprécier ces proportions à vue d''œil.

Le second inconvénient qui résulte de la méthode employée par Poussin et Audran, c'est de donner des proportions humaines exclusivement extraites d'ouvrages d'art. Bien qu'il y ait une perfection incontestable dans le choix des proportions de la plupart des bonnes statues antiques, cependant il y en a de plus ou moins parfaites, et enfin ce sont des copies de la nature. Il semble donc que les mesures des statues auraient dû être prises conjointement avec celles de plusieurs êtres vivans dont les formes auraient eu de l'analogie avec celles des ouvrages d'art où l'on aurait cru trouver des types parfaits.

Malgré les inconvéniens signalés plus haut, il s'en faut bien que la lecture et l'étu-

de de ces livres soient inutiles au jeune peintre. C'est précisément parce que les hommes les plus éclairés n'ont pu assigner des *proportions* fixes au corps humain, qu'il est nécessaire que chaque artiste exerce son esprit sur cette recherche, afin d'augmenter et de fixer la science s'il est possible, ou au moins de former pour soi-même et pour son usage, un ensemble d'observations qui aident dans la pratique de cette partie si difficile et si essentielle de l'art.

On engage donc à consulter les écrits des quatre peintres nommés plus haut; mais toutefois on se hasardera à proposer ici quelques principes d'où l'on pourrait partir pour essayer soi-même le travail que ces grands artistes ont tenté. Peut-être serait-il prudent de commencer d'abord l'étude des proportions sur la nature vivante. On comparerait d'abord les proportions d'êtres de nature bien différente, comme des blancs et des nègres, et l'on aurait soin de faire des dessins bien étudiés de ces deux races, afin d'arriver à un résultat plutôt pittoresque que mathématique. Cependant, en multipliant les expériences et les dessins, on ob-

tiendrait sans doute des proportions relatives assez fixes. On reconnaîtrait, par exemple, que la ligne des yeux qui, chez les blancs, partage également l'ovale de la tête, est placée beaucoup plus haut dans celle des nègres; que le volume total de la tête de ces derniers est moindre que chez les blancs; que les extrémités inférieures du noir sont plus longues comparativement, et que le pied n'est pas non plus dans le même rapport avec la tête chez les deux espèces. Ces observations seraient d'autant plus fructueuses pour l'artiste, qu'elles en feraient naître d'autres très-importantes même pour la connaissance des proportions. On verrait par l'inspection simple que la tête du nègre n'est pas articulée sur la colonne vertébrale dans la même direction que celle de l'Européen; que tous les os longs, tels que ceux des bras et des jambes, plus contournés sur eux-mêmes par l'effort des muscles, décrivent, en général, une courbe plus sensible que les os analogues chez les blancs.

On ferait tour à tour dans les deux espèces une comparaison des proportions relatives qui différencient les sexes, les âges, et

enfin de proche en proche, on arriverait à établir des ressemblances et des différences entre les individus de même race, de même espèce, de même sexe, de même âge, et dont les proportions et les formes auraient le plus d'analogies entre elles.

On pourrait encore pousser ces recherches plus loin; et profitant du conseil donné par Léonard de Vinci, qui recommande l'étude de l'anatomie comparée, on poursuivrait la forme du corps humain modifiée par les *proportions*, jusque dans la chaîne des animaux dont l'organisation physique a le plus de rapports avec la nôtre. Par ce genre d'étude on apprendrait à peser le sens de ce vieil adage : *Tout est proportion.*

Mais en se livrant à cette intéressante étude, il ne faut pas oublier qu'avant tout on veut devenir peintre. C'est donc avec le crayon à la main que l'on doit parcourir les salles où M. Cuvier a rassemblé dans un ordre systématique les squelettes comparés de tous les animaux; c'est en dessinant la charpente osseuse du singe, du lion, du cheval, du dauphin, des oiseaux, des reptiles et des poissons même, que l'on verra, par la com-

paraison des os analogues de chaque espèce en quoi ils se ressemblent, en quoi ils diffèrent; que l'on sentira à la fois l'unité de principe et la variété infinie des modification de la forme, ce qui constitue *les proportions* C'est l'alpha et l'oméga de la science.

§ II. — *De l'enchaînement des parties du corps humain.*

Dans ce chapitre, qui a pour objet particulier de faire sentir aux jeunes peintres la nécessité de bien connaître l'*enchaînement de toutes les parties du corps humain*, on s'efforcera d'indiquer les moyens les plus sûrs et les plus efficaces pour étudier l'anatomie qui les initiera à ce genre de connaissance.

Tant que l'élève n'est pas arrivé au point de peindre passablement d'après la nature vivante, il y a ordinairement du danger à lui faire faire des études anatomiques proprement dites. C'est-à-dire que l'on regarde comme superflu et presque toujours comme dangereux, de faire copier des *écorchés artificiels* en plâtre, ou même des membres écorchés et moulés sur la nature morte. Dans

les deux cas, l'on prend une idée fausse du gisement des muscles dans l'état de vie, et la plupart des élèves instruits de cette manière deviennent des anatomistes pédans, au lieu d'acquérir une science véritable. C'est au maître à corriger les défauts que l'élève aura pu commettre. On fera donc exercer quelques contractions violentes au modèle, dans la partie où le jeune peintre se sera trompé, et de cette manière on rectifiera tout à la fois le jugement et l'œil de ce dernier. Tant que l'élève n'est que copiste en étudiant, tant qu'il ne s'occupe que de l'apparence des objets, il ne doit connaître de l'anatomie que ce qui est apparent. Son œil seul jusqu'à ce moment est le juge qui décide de ce qu'il doit exprimer ou omettre.

Mais une fois que la connaissance des formes réelles est devenue nécessaire pour en mieux représenter l'apparence, c'est alors que l'étude de l'anatomie devient indispensable.

N° I. — *Ostéologie.*

Dans les études anatomiques, le point im-

portant pour un artiste est de ne pas les faire isolément sur la nature morte, mais de les rapporter constamment à la nature vivante.

Veut-on dessiner la tête osseuse, on aura soin de placer auprès d'elle une tête en plâtre, moulée sur la nature ou sur l'antique, de manière à ce que les deux objets posés dans la même direction et éclairés par la même lumière, laissent distinguer d'un seul coup d'œil les parties osseuses qui, comme le front, les pommettes, le nez et le menton, conservent leurs formes, de toutes les autres parties des os qui sont recouverts par les chairs. Pour étudier les articulations et les extrémités, on se fera préparer ces parties par un prosecteur. Après leur avoir donné une position, on la fera prendre à la même partie d'un modèle vivant, et l'on copiera simultanément d'après la nature vivante et la nature morte. Car cette dernière ne doit être pour un peintre que comme un dictionnaire pour celui qui veut se perfectionner dans l'étude d'une langue.

Mais il est une partie du corps humain que l'on ne saurait trop bien connaître.

C'est la colonne vertébrale. Voici comme on peut s'y prendre pour en concevoir promptement tous les mouvemens combinés. On fera placer un homme vivant, de profil par rapport au spectateur. On recommandera à ce modèle de se tenir debout, n'ayant la tête ni baissée ni levée, et les bras croisés sur sa poitrine. Le contour formé par le col, les épaules, le dos et les reins déterminera une ligne courbée. En faisant ensuite pencher le modèle en avant, en arrière, à droite et à gauche, puis exercer le mouvement de torsion sur ses reins, sans changer les pieds de place, on aura obtenu tous les degrés extrêmes des mouvemens que peut exercer la colonne vertébrale. Lorsque l'homme reste parfaitement droit, la colonne épinière forme donc une ligne serpentante, qui se change en spirale plus ou moins irrégulière lorsqu'il y a le plus léger mouvement de torsion sur les hanches. Cette disposition de l'épine dorsale résulte si nécessairement de son organisation, qu'on la retrouvera toujours dans un cadavre jeté au hasard et dont le gisement des membres dépend de leur poids. Mais on ne saurait

trop le répéter, c'est sur la nature vivante qu'il faut étudier sans cesse les mouvemens si variés de la colonne vertébrale, d'où dépendent ceux de tout le corps.

Puisque l'on a recommandé l'étude de l'anatomie comparée pour juger des proportions relatives de chaque animal, on engagera les peintres à cultiver encore cette science, dans l'idée de comparer les mouvemens propres à chaque espèce d'êtres vivans. Or la première étude à faire dans ce cas, c'est d'observer la différence qu'il y a entre les ondulations de la ligne que forme la colonne vertébrale des animaux différens. On observera le *dos cambré* de ceux qui marchent, comme le chien, le cheval, le bœuf; le dos *bombé* de ceux qui sautent, comme le lapin, le cerf, le chat; enfin on suivra avec attention la diminution progressive de la flexibilité de la colonne vertébrale, depuis le tigre, qui est si souple, jusqu'à la tortue, dont les vertèbres sont fixées à la carapace, et qui se meut tout d'une pièce.

Tout ce cours d'études anatomiques, toutes ces observations doivent être faites par le

peintre, toujours le crayon à la main, et ne laissant jamais échapper la plus légère remarque sans la fixer par un trait.

Voilà, ce nous semble, les principes d'après lesquels on peut se préparer aux études anatomiques; car, soit que l'on veuille devenir bon chirurgien ou bon peintre, c'est à l'ostéologie qu'il faut donner le plus d'attention; elle est la base de toute connaissance solide du corps humain. Pour le peintre, les os sont par leur forme, par leur solidité et leurs dimensions, les points de repère les plus fixes que l'on puisse trouver dans la vaste machine humaine.

N° II. — *Myologie.*

L'étude analytique des muscles du corps de l'homme et des animaux est sans doute nécessaire à l'artiste. Cependant on ne saurait s'y livrer avec trop de prudence pour fuir la pédanterie et la fausse science.

Le plus sûr moyen d'éviter ce défaut, est de ne jamais consulter la nature morte qu'en la comparant immédiatement à la nature vivante. Ainsi l'exercice qui conduira le mieux de l'étude de l'ostéologie à celle de

la myologie, sera de dessiner au crayon noir, d'après nature ou d'après l'antique, des figures placées dans des attitudes diverses, puis de tracer dans le milieu des membres, au moyen d'un crayon rouge, tous les os du squelette. Ce travail difficile, on l'avoue, ne tardera pas à faire connaître les rapports qui existent entre les parties rigides et les parties molles dout se compose le corps humain.

Bientôt on reconnaîtra que les os font l'office de leviers, que les articulations ou jointures sont des espèces de poulies, et que les muscles, ainsi que des cordes, glissent sur les jointures et servent à faire fléchir ou étendre les os.

Enfin, on en viendra à étudier la fibre musculaire. Elle a la faculté de se contracter à un degré qu'aucune expérience n'a pu faire apprécier jusqu'ici. Ce phénomène se manifeste à l'œil du peintre par le changement des formes; c'est au moins sous ce rapport particulier qu'il doit l'étudier. Lors donc que l'on aura pris une idée, par la dissection, du gisement, de la forme et du volume d'un muscle dans l'état d'inertie où

le réduit la mort, aussitôt il faut faire agir ce même muscle sur un homme vivant, afin de suivre et de connaître tous les mouvemens combinés qui résultent de sa puissance de contraction, des différens points où il s'attache, et du poids du membre ou de la partie qu'il fait mouvoir.

En comparant ainsi la nature morte à la nature vivante, on ne tardera pas à distinguer qu'il y a trois espèces de mouvemens propres au corps de l'homme et même des animaux :

1° Les mouvemens organiques, comme la respiration, qui s'opèrent sans que la volonté y prenne part, et que le sommeil n'interrompt jamais;

2° Les mouvemens volontaires, tels que la locomotion, l'extension et le retrait des membres, commandés par les besoins et les objets qui entourent l'animal;

3° Les mouvemens instinctifs, c'est-à-dire ceux qui dépendent d'une volonté tellement brusque et impérieuse qu'elle dégénère en passion.

De tous les mouvemens organiques, la respiration est le seul qu'il importe au

peintre de connaître, et c'est lorsque le sommeil suspend toute autre action dans le corps des animaux qu'il convient d'étudier tout l'appareil et les effets extérieurs de l'aspiration et de l'expiration, qui, dans l'état de veille, sont beaucoup plus difficiles à suivre, parce qu'elles se combinent incessamment avec tous les mouvemens des autres membres.

Les mouvemens volontaires sont les plus nombreux, les plus variés et les plus complexes, puisqu'ils dépendent à la fois de la volonté de l'individu, de son instinct qui ne l'abandonne jamais, et de la nature des proportions de son corps. C'est surtout dans l'expression des mouvemens volontaires que le peintre doit se montrer habile anatomiste, en ce sens qu'il exprimera le jeu des muscles avec exactitude, mais sans aucune exagération.

Mais c'est en observant les mouvemens instinctifs que l'étude de la myologie peut devenir très-utile. Seulement il faut avoir le soin de faire ses observations et ses études en allant toujours de la nature vivante à la nature morte. Si donc on a l'occasion de

voir un homme ou un animal à qui la colère a fait exercer des mouvemens dont la violence mette vos connaissances en défaut, il faut faire un dessin ou au moins un croquis de l'attitude et des formes dont vous ne pouvez pas vous rendre raison, et aller consulter la nature morte pour s'assurer s'il n'y a pas dans l'extension des tendons, dans les différens faisceaux qui composent les muscles, des dispositions telles que le mouvement qui d'abord a paru inexplicable ne soit réellement fort naturel et fort simple.

On doit sentir que nous ne pouvons qu'indiquer ici la marche à suivre dans les études myologiques. Quand on aura donc étudié tous les muscles qui concourent aux mouvemens généraux, il sera bon de prendre une connaissance détaillée de ceux qui font particulièrement mouvoir les extrémités. Le mécanisme des mains et des pieds ne saurait être observé avec trop de soin, et l'on pense que toute recommandation à ce sujet serait superflue.

On insistera davantage sur la méthode au moyen de laquelle on peut étudier la face humaine. On dessinera donc de face,

de trois quarts et de profil la tête d'un homme mort. Le prosecteur enlèvera ensuite la peau et mettra tous les muscles à découvert. On recommencera trois dessins d'après cette tête sous les trois aspects indiqués, jusqu'à ce qu'enfin les muscles étant enlevés, et le système osseux restant seul apparent, on dessinera encore trois études d'après cette dernière préparation. En répétant cet exercice d'après trois ou quatre sujets d'âge et de sexe différens, un peintre connaîtra bien toutes les parties qui composent la face humaine, et s'expliquera tous les mouvemens que la vie y imprime.

Cependant nous n'abandonnerons pas cet important sujet, sans faire quelques observations sur l'œil. Quand on s'est assuré par les recherches anatomiques que l'œil, ainsi qu'un ballon captif, est maintenu par plusieurs petits muscles qui font mouvoir sa sphère à droite, à gauche, en haut et en bas, et qu'il est retenu par les paupières sur lesquelles il s'appuie et roule sans cesse, on observera l'effet de ce mécanisme sur la nature vivante.

C'est alors que l'on pourra s'assurer d'un

fait très-important, qui est que la direction du regard de l'homme représenté en peinture, ne dépend pas exclusivement, comme on le pense en général, de l'imitation plus ou moins parfaite de l'iris et de la prunelle, mais bien certainement de la direction et de la forme que prennent les paupières. S'il en était autrement, la plupart des statues antiques, où l'iris n'est figurée ni par un trait ni par la couleur, ne dirigeraient leur regard vers aucun point fixe; ce qui est contraire à l'évidence.

Or voici le fait: la prunelle forme une légère saillie sur le globe de l'œil, et de plus le globe de l'œil entraîne toujours avec lui les paupières quand il se porte de côté, en haut ou en bas. D'où il suit qu'il y a toujours un point de la paupière qui correspond précisément à celui de la pupille. En effet, si quelqu'un baisse la tête en lisant, au point de ne pas laisser voir le blanc ni la prunelle de ses yeux, cependant par le mouvement de ses paupières, on jugera s'il en est au haut ou au bas de la page, au commencement ou à la fin d'une ligne.

L'attention de l'artiste qui étudie la con-

formation de l'œil pour imiter le regard, doit donc se porter avant tout sur le mouvement et les formes que reçoivent les paupières par l'impression du globe de l'œil sur lequel elles se moulent. Un peintre, comme un statuaire, sera toujours sûr d'avoir bien dirigé le regard d'une figure, quand il aura exprimé les inflexions des paupières, relativement au point vers lequel les yeux doivent se porter. Dans ce cas, la direction du regard est déterminée avant que l'on ait placé les prunelles, et c'est même une précaution que prennent ordinairement les peintres habiles dessinateurs, de ne peindre la prunelle et l'iris que quand les paupières sont invariablement placées dans leur mouvement.

Ce n'est pas sans raison que l'on s'est étendu sur ce sujet. Il n'y a rien de si commun que de voir des portraits et même des figures dans les tableaux, dont les *paupières sont louches*, parce que chacune d'elles n'a pas un mouvement analogue à l'autre. Vainement alors le peintre a-t-il cherché à mettre de l'accord entre les prunelles ; le regard reste toujours vague, incertain, et même louche.

Lorsqu'un peintre, par le secours du dessin, a bien déterminé le plan de la face humaine, il déterminera la direction du regard par la forme des paupières supérieures et inférieures. Rigoureusement parlant, cette disposition suffit et la prunelle n'est qu'un accessoire, puisque, comme on l'a fait observer, les yeux des statues peuvent avoir et ont en effet un regard déterminé.

En parlant de la myologie, nous n'avons pu qu'effleurer cette importante matière. Cependant nous espérons que le peu qui en a été dit suffira pour prouver combien l'étude en est nécessaire au peintre, quand il veut mettre dans ses tableaux cette vérité de formes, de mouvemens et d'expression sans laquelle on ne saurait faire d'ouvrages durables.

§ III. — *De la pondération du corps humain.*

La pondération du corps humain peut être considérée dans trois circonstances principales :

1° Dans la station, c'est-à-dire quand

l'homme, placé sur ses deux pieds ou s'aidant des différentes parties de son corps, y entretient l'équilibre par le poids et la force de ses membres;

2° Quand l'homme porte un ou plusieurs fardeaux, ou qu'il s'appuie sur quelque objet étranger à lui, et qu'une partie de son poids se reporte sur cet objet;

3° Enfin dans la marche, la course, le saut, et même la natation.

En se pénétrant bien de ce principe, que la pesanteur, la gravité fait descendre les corps vers la terre, et que le point par lequel un corps étant suspendu demeurerait en repos est le centre de gravité, on parviendra promptement, à l'aide de quelques expériences faites sur la nature, à se rendre compte des principaux phénomènes de la pondération.

Si, par exemple, on fait tenir un modèle parfaitement droit sur ses deux jambes, et ayant les bras pendans, on jugera par son immobilité que l'équilibre de toutes les parties de son corps est à peu près parfait, et que rien ne dérange la ligne qui correspond au centre de gravité.

Fait-on porter un bras ou une jambe du modèle en avant ou en arrière, il n'en est plus de même. Les lois de la pondération exigent qu'au même moment le poids du membre jeté hors du centre de gravité soit contrebalancé par un poids égal du côté opposé. Ainsi l'homme qui élèvera l'une de ses jambes en avant, portera son corps en arrière, et s'il jette sa jambe en arrière, il portera son corps en avant, jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse.

Mais pour prendre rapidement une idée de ce qu'il y a de plus compliqué dans les effets de la pondération du corps de l'homme en station, on pourra placer derrière le talon droit du modèle une pièce de monnaie qu'on lui ordonnera de ramasser en se baissant, avec la main droite. Un peintre qui dessinerait les accidens principaux de l'ensemble de ce mouvement parviendrait bientôt à comprendre tout ce qu'il y a d'inévitable et de nécessaire dans les mouvemens d'un homme qui cherche à maintenir son corps en équilibre. Au surplus, le jeune artiste qui se livre à cette étude trouvera mille occasions de tracer des croquis et de

multiplier ses observations en allant aux théâtres où s'exercent les équilibristes, les funambules, les sauteurs et les danseurs de toute espèce.

Lorsque l'homme porte un fardeau, l'équilibre de son corps s'établit toujours en vertu du même principe qui a été donné; c'est-à-dire que l'instinct le pousse à ramener tout le poids principal vers le centre de gravité. Ainsi lorsque l'on tient un fardeau sous le bras droit, sa pesanteur indique aussitôt jusqu'à quel degré on doit pencher le corps, le col et la tête vers la gauche, et même étendre le bras du même côté pour faire contrepoids et établir l'équilibre. Si le fardeau fatigue par trop les efforts du bras, on le place sur sa tête; l'équilibre alors est parfait, et la contraction musculaire fatigue moins parce qu'elle est plus également répartie.

Si l'homme, en s'appuyant, se décharge d'une partie du poids de son corps, il déplace son centre de gravité, et le rapproche d'autant plus de l'objet vers lequel il se porte, qu'il s'y appuie davantage. Si, par exemple, un homme debout touche une

chaise placée près de lui, s'appuie sur le dossier, et finit par s'y asseoir lentement, il aura fait passer successivement son centre de gravité, que l'on aurait pu figurer par une ligne tirée de sa tête à ses pieds, au centre de la chaise sur laquelle il est assis maintenant.

Le point important, lorsque l'on étudie la pondération du corps humain, c'est de ne jamais perdre de vue la ligne qui correspond au centre de gravité. On aura donc soin d'observer et de dessiner le plus souvent que l'on pourra des mouvemens de l'homme en station, appuyé ou portant des fardeaux, avant de rechercher en quoi consiste la marche.

La marche est un mouvement sur un sol fixe, dans lequel le centre de gravité du corps est mu alternativement par une partie des extrémités et soutenu par l'autre. Le mouvement de tout animal qui va d'un lieu à un autre sera donc d'autant plus ou moins prompt que le centre de gravité sera plus ou moins éloigné de la partie qui le soutient. En d'autres termes, tout animal en marchant perd et rattrape incessamment l'équilibre de son

corps, et c'est ce qui fait que le plus petit obstacle imprévu peut déterminer sa chute.

Le mouvement de la marche se combine, comme tous les autres, avec la pondération des parties du corps, et comme dans la succession des mouvemens qui constituent la marche il y a une certaine régularité, il s'ensuit que la pondération du corps de l'homme marchant s'établit par un déplacement régulier des membres qui concourent à y entretenir l'équilibre. Aussi tout le monde peut-il remarquer que l'homme, en marchant d'un pas tant soit peu rapide, penche la tête et le corps en avant, fait mouvoir ses deux jambes et ses deux bras alternativement en sens contraire, et par conséquent met toujours la ligne des épaules en contradiction avec celle des hanches.

A l'étude de la marche simple on pourra faire succéder celle de la marche qui se combine avec d'autres efforts, comme lorsqu'un homme porte ou traîne un fardeau en marchant; et enfin on analysera les autres mouvemens de la course, du saut, et de la natation, dans leurs rapports avec la pondération du corps humain et même des animaux

si l'on veut pousser plus loin ces recherches.

Mais en indiquant la direction que le peintre doit donner à cette étude, nous avons rempli notre but; de plus longs détails sur ce sujet seraient déplacés ici, et nous indiquerons seulement à ceux qui seraient curieux de les connaître les ouvrages où ils pourront les trouver. On pourra donc consulter Aristote, *de Motu animalium;* Borelli, *de Motu animalium*, et M. Cuvier, qui a traité le même sujet dans le premier volume de ses *Leçons d'anatomie comparée*, contenant les organes du mouvement.

SECTION IV.

Résumé des notions précédentes.

Si par l'énumération des connaissances qu'il est indispensable d'acquérir pour devenir un peintre habile, on avait découragé le jeune artiste près de s'élancer dans la carrière, on n'aurait point atteint le but que l'on s'est proposé dans ce traité. En faisant considérer la forme soumise tour à

tour et nécessairement au *contour*, au *modelé*, au *coloris*, aux *proportions* et au *mécanisme*, ainsi qu'à la *pondération* de toutes les parties qui composent le corps humain mis en mouvement, on a voulu fixer l'attention sur ce que l'on peut apprendre de certain touchant l'homme, afin que de ce point fixe on pût pénétrer plus avant dans ce que son organisation même physique a encore d'incertain pour nous.

L'analyse est le seul moyen de connaître toutes les parties d'un ensemble très-compliqué, et d'arriver à la synthèse qui nous fait redescendre du principe aux conséquences, des causes aux effets, enfin de l'ensemble aux parties. Or la synthèse devant être l'opération principale de l'esprit du peintre quand il compose et exécute un ouvrage, nous avons été obligé de considérer les formes du corps humain, d'abord et successivement, sous l'influence du *contour*, de l'*optique*, du *modelé*, des *proportions*, du *geste*, et des lois de la *mécanique* et de la *gravitation*.

Après avoir étudié séparément tous les accidens auxquels les formes et les parties

du corps humain sont assujéties, on doit employer toute la force d'attention dont la vue et le raisonnement sont susceptibles, pour saisir la connexion et les rapports nécessaires que tous ces accidens ont entre eux, quand l'homme ou l'animal exerce le mouvement le plus simple. Ainsi le jeune peintre dont les études préliminaires auront été bien dirigées, jugera, à la première inspection d'un objet qu'il veut copier :

1° S'il doit s'éloigner ou se rapprocher du modèle pour le comprendre en entier dans le cercle de vision, et à quelle hauteur passe la ligne d'horizon par rapport à l'ensemble du modèle;

2° De la direction des lignes principales que forment les contours du corps et des membres;

3° De la direction des membres qui saillent ou reculent, par l'effet de la dispensation de la lumière sur les parties plus ou moins inclinées par rapport aux rayons lumineux;

4° Du centre de gravité par la position et les efforts du membre qui le supporte et par la position des autres parties formant contrepoids l'une à l'autre;

5° Des proportions qui caractérisent les formes de l'individu que l'on a devant les yeux;

6° Et enfin du geste qui indique l'action que le modèle fait, a fait, fera ou veut faire.

De cet ensemble de remarques si longues à écrire et qui, dans l'œil et l'esprit d'un peintre exercé, passent rapides comme l'éclair, il résulte pour celui qui les a faites, un sentiment intime de la vie et un besoin d'en tracer l'apparence, comme pour se convaincre qu'il en est plein lui-même, qu'il la saisit, qu'il la comprend et qu'il a la faculté de la reproduire.

On dit souvent en parlant d'un ouvrage peint : *Il est fait avec amour.* Mais il faut être peintre pour comprendre tout ce qu'il y a de vrai et de profond dans cette locution devenue si banale. Avec du temps, de la patience et une intelligence médiocre, on parvient à saisir une à une toutes les combinaisons des lignes, des formes et des couleurs sur un corps organisé; mais pour faire de tout cela un être vivant, un homme enfin, il faut l'être soi-même et avoir au fond du

cœur ce feu, cet *amour* qui vivifie tout, qui pénètre partout, et qui enfin donne la faculté de produire.

C'est ordinairement quand un élève commence à mettre en ordre toutes les études partielles qu'il a été obligé de faire; c'est quand il voit poindre la vie en quelque sorte du milieu du chaos et de la mort, que son cœur bat tout-à-coup avec violence, et que d'écolier qu'il était il se sent déjà artiste. L'habitude d'un travail opiniâtre lui a déjà rendu familières les opérations de l'œil et de l'esprit les plus difficiles; il dessine, il peint comme on lit; non sans peine, mais sans y faire attention. Le sujet qu'il veut rendre est désormais le point principal où se dirigent tous ses efforts, bien que les difficultés qu'il se propose de surmonter soient beaucoup plus grandes que toutes celles qu'il a abordées jusque là. Ce n'est plus un personnage seul, et dans un mouvement simple, qu'il veut rendre; maintenant il groupe des figures dont l'intention et les mouvemens, modifiés d'après l'âge, le sexe, le caractère et le sujet, tendent cependant à un seul but; enfin il compose.

CHAPITRE II.

De la composition.

Celui qui est vraiment destiné par la nature à devenir un artiste, apprend l'art de *composer* successivement et presqu'à son insu. Sans aucun des secours que donne la science, d'abord il reproduit tout ce qu'il voit, aidé seulement de sa mémoire et poussé par son imagination. Mais dès qu'on lui a mis le crayon à la main, dès qu'il a envisagé la forme des corps sous le double rapport de leur *réalité* et de leur *apparence,* il perd cette confiance aveugle qu'il avait dans ses facultés naturelles, et bientôt même il ne tarde pas à reconnaître son ignorance. Cet aveu intérieur est le premier pas qu'il fait dans la longue carrière qu'il veut parcourir.

§ Ier. — *De quelle manière il faut s'exercer à la composition.*

Le véritable moment où un artiste pourra se livrer entièrement à l'étude de la compo-

sition sera celui où il s'est fait de l'art de dessiner et de peindre une habitude telle, qu'elle rivalise avec ses facultés naturelles, et qu'elle lui fasse sentir le besoin de produire, comme on désire de marcher, de courir et de parler. Alors il exprimera sciemment sur le papier ou sur la toile tout ce qui frappera son attention, de même que dans son enfance il reproduisait, mais avec l'ignorance naturelle, tout ce qui se moulait dans sa mémoire et frappait son imagination.

Avant de se hasarder à choisir un sujet déterminé pour le traiter, il serait sage de chercher dans les lieux publics, comme les marchés, les usines ou un port de mer, par exemple, des scènes simples et toutes préparées par la nature. En en faisant avec soin des croquis, on copierait en quelque sorte une composition d'après nature, et l'on aurait l'occasion d'y remarquer que tous les détails concourent nécessairement à expliquer le sujet, et à faire sentir les rapports nécessaires qui les unissent avec l'action principale.

On fera le même travail dans les églises,

aux processions publiques, aux cérémonies, et, dans toute occasion, on verra qu'avec des circonstances modifiées par l'objet qui met le corps et l'âme des hommes en mouvement, on retrouve toujours *unité d'intention* dans les attitudes, relativement à l'action principale.

Or, l'apparence de l'action principale d'une scène vue dans la nature, s'exprime particulièremeut en peinture par le *contour et le dessin.* Car, ainsi qu'il a été dit au commencement de ce traité, les couleurs les mieux assorties n'expriment rien de fixe, si elles ne sont pas comprises dans un contour qui détermine des formes.

Mais lorsque l'on a multiplié les exercices qui viennent d'être indiqués, on ne tarde pas à désirer d'exprimer sur ces compositions naturelles la dégradation de la lumière et des ombres. C'est encore de la nature que l'on apprendra à éclairer les sujets. Nous supposons donc qu'un port de mer, dont la localité et les travaux ont toujours quelque chose d'assez fixe, aura fourni au jeune peintre le sujet d'une composition qui n'est encore que dessinée. Quand on

sera bien assuré de la bonne disposition des groupes, de l'intention donnée à chacune des figures par le secours du contour et du dessin, on pourra successivement achever les *croquis ombrés* de la même scène, l'un le matin, l'autre à midi, et un troisième le soir, observant non-seulement la différence d'aspect que le changement du jour donne à la partie matérielle du tableau, mais remarquant encore que le degré d'activité et par conséquent que les attitudes particulières de chaque personnage varient selon la fraîcheur ou la chaleur du jour pendant l'été, ou qu'ils sont encore bien autrement modifiés par le froid de l'hiver et le temps de pluie qui retardent les mouvemens du corps et forcent les gens à être plus vêtus.

Quant à la disposition générale de la lumière, des demi-teintes et des ombres, on marquera du premier coup de pinceau, non pas l'endroit qui est frappé de la lumière la plus vive, mais celui qui en reçoit en plus grande quantité.

On fera les observations inverses et analogues au sujet de l'ombre, et ce ne sera pas non plus l'ombre la plus intense qu'il fau-

dra saisir d'abord, mais la plus grande, la plus large, celle enfin qui par l'étendue de sa masse, forme un tout brun qui se distingue sensiblement de l'autre tout clair.

Dans les effets en plein air, comme celui dont il est question, on portera une attention particulière au ciel. Fût-il pur, bien que très-lumineux, cependant vers le matin ou le soir tous les objets situés verticalement, et recevant les rayons obliques du soleil, paraîtront dans leurs parties éclairées plus brillans que le ciel ; à midi, au contraire, les rayons du soleil tombant dans une direction plus rapprochée de la verticale, ils produiront plus de demi-teintes sur les objets éclairés qui couvrent la terre, et la masse teintée des objets terrestres le cèdera en clarté à la masse du ciel inondé de lumière.

Quand on aura déterminé les trois grands rapports des masses de lumière, de demi-teintes et d'ombres, on pourra s'occuper de leurs détails. Ainsi dans les parties claires, on déterminera vigoureusement les *ombres portées ;* dans les ombres et les demi-teintes, les bruns les plus intenses, comme les trous, les cavités, les renfoncemens, etc., allant

toujours, ainsi que nous l'avons dit, de l'ensemble aux détails.

L'artiste comparera entre eux ces trois croquis dessinés avec la nature, afin qu'il puisse juger par lui-même quels sont l'instant du jour et la disposition de lumière qui favorisent le mieux le développement du lieu où se passe la scène, de la scène elle-même et des principaux détails qui la caractérisent et qui peuvent la faire comprendre.

On ne saurait trop faire de ces esquisses *monochromes,* où l'artiste n'a à s'occuper que du dessin et du modelé de l'ensemble de la composition. Bientôt après on entreprendra de peindre des *esquisses coloriées* d'après nature, en faisant aux *tons* de couleurs l'application des principes que nous avons établis plus haut (page 67 et suivantes). Ainsi donc, prenant toujours les travaux d'un port pour sujet de tableau, après avoir mis en œuvre tout ce que l'art du dessin et du modelé peut donner de résultats certains pour rendre le contour, la saillie et la position réciproque des objets entre eux, on pensera à exprimer la différence et l'harmo-

nie des couleurs qui les distingue et qui les unit tout à la fois.

Le moyen le plus simple pour arriver à un résultat prompt et à peu près sûr, c'est d'observer les différens tons principaux dont la couleur éclatante se reproduit le plus souvent dans les détails de la composition, et de comparer leur intensité. On aura soin seulement de faire cette comparaison en ayant égard, d'une part, aux couleurs respectives de ces tons; de l'autre, à l'altération que des couleurs identiquement les mêmes peuvent recevoir de la couche plus ou moins épaisse d'air atmosphérique qui s'interpose entre l'œil du spectateur et elles. Par cette double précaution on reconnaîtra, par exemple, l'intensité réelle ou relative des jaunes, des rouges ou des bleus. Si l'on aperçoit des vêtemens jaunes de nuances différentes sur le même plan du tableau, on exprime par le ton préparé sur la palette le rapport et la différence réels qu'il y a entre ces deux nuances de couleur. De même, s'il fallait peindre à tous les plans du tableau, depuis le premier jusqu'à l'horizon, une draperie de la même couleur écar-

late, on serait obligé de mitiger successivement la couleur réelle de ces draperies écarlates, pour imiter les différentes apparences qu'elles prennent à mesure que leur intensité est plus altérée par la quantité d'air atmosphérique qui les voile à nos yeux.

Après avoir indiqué sommairement de quelle manière on peut s'exercer à la composition considérée en général, nous entrerons dans les détails de quelques-uns de ses élémens principaux.

§ II. — *Des lignes d'une composition.*

Si les lignes que forment le contour de l'ensemble d'une figure en action, parlent à l'œil, à l'imagination et même à l'intelligence, il est évident que toutes les lignes qui résultent d'une agglomération de figures, et dont les intentions se dirigent vers un ou plusieurs objets, parleront également à nos sens et à notre esprit.

Or, dans toutes les scènes naturelles où les sentimens et les passions humaines sont mis en mouvement, ces sentimens et ces passions sont divulgués par les mouvemens du corps.

Ces mouvemens extérieurs, ces signes qui traduisent en quelque sorte nos sensations et nos pensées constituent le geste. Or, le geste, comme nous l'avons dit, s'exprime surtout par le contour; donc la *ligne* est le moyen par lequel on exprime avec plus de précision et de force l'idée principale d'une scène quelconque.

La raison seule conduit à cette conclusion; mais pour se convaincre matériellement de cette vérité, on n'aura qu'à consulter ces dessins bizarres, où avec de simples lignes figurant les membres, et un seul point qui indique la tête, on parvient à faire deviner des figures d'hommes, d'enfans et de femmes, ainsi que les mouvemens les plus complexes qu'ils puissent exercer; on trouvera même dans ces compositions étranges, des scènes ou l'expression la plus fugitive est rendue avec tant de justesse, qu'elle provoque le rire ou la crainte, etc. Certes, si quelque chose peut démontrer aux sens l'importance des lignes que forment les membres d'une figure, ou celles produites par l'agglomération de plusieurs personnages, ce sont ces dessins fantastiques

qui, dépourvus du détail des formes humaines et de l'expression de la face, ne laissent cependant aucun doute à l'œil et à l'esprit du spectateur sur l'attitude du corps, non plus que sur la disposition intérieure de l'esprit et de l'âme de ces petits êtres *linéaires*.

La ligne a tant de puissance sur nos yeux, et il en résulte pour cet organe un langage si clair et si expressif, que c'est le premier et souvent le seul dont certaines nations aient fait usage pour exprimer leurs idées d'une manière pittoresque. Sur les vases dits étrusques on a trouvé moyen d'y rendre, seulement par le contour et le geste, les sentimens les plus fins, les intentions les plus délicates, et par conséquent les mouvemens les plus variés et les plus complexes. Or, dans ces peintures, puisque l'on est convenu de leur donner ce nom, le modelé, le coloris n'y sont point employés, tout y est exprimé par un *trait*, un *contour*, par la *ligne* enfin.

Si dans la sculpture grecque on consulte les bas-reliefs, genre d'ouvrages qui forment la transition entre la statuaire et la

peinture, on reconnaîtra encore que l'idée mère de chaque sujet a été écrite, si l'on peut s'exprimer ainsi, par la combinaison des lignes.

Dans la statuaire proprement dite, quoique l'on ait la ressource d'y montrer les personnages sous un grand nombre d'aspects, de rendre la nature de leurs formes, ainsi que la vivacité de leurs sentimens, par l'expression des formes vues dans tous les sens, les artistes grecs ont cru cependant devoir apporter une attention toute particulière à la vérité du geste et à la manifestation bien caractérisée du contour.

Enfin, si l'on étudie les productions des grands maîtres d'Italie, de Lesueur et du Poussin en France, et de Rubens et de Rembrand en Flandre et en Hollande, on verra toujours, quelle que soit d'ailleurs la différence du goût de ces grands hommes, que dans toutes leurs compositions capitales, les lignes principales de l'ensemble de leurs tableaux, ainsi que les lignes qui forment particulièrement le contour de chaque figure, sont combinées de telle sorte que par elles le sujet se manifeste d'une manière

vraie et forte à l'œil de celui qui l'envisage.

La ligne et toutes les modifications dont elle est susceptible doivent donc être l'objet d'une étude approfondie et constante pour le peintre; car c'est par la disposition des lignes générales et particulières d'une composition, que l'on en détermine surtout le mode gracieux ou sévère, grand ou terrible, simple ou burlesque, etc.

L'élève, lorsqu'il est parvenu à cet ordre d'idées sur son art, sera bien forcé de les abstraire pour les ramener à des principes simples et fixes. Aussi tout homme qui s'occupe de la peinture est-il amené peu à peu à considérer la ligne abstraite comme une puissance qui agit sur l'esprit par l'intermédiaire des sens, de même que les accords qui se suivent en musique engendrent toujours une mélodie qui, aussi vague qu'elle puisse être, produit une suite de sensations dont les rapports donnent naissance à une idée.

Il serait fâcheux qu'un jeune artiste s'occupât inconsidérément et avec trop d'ardeur de ces spéculations philosophiques; cependant il ne faut pas qu'il y reste étranger. Le

meilleur moyen de s'y livrer avec fruit pour l'exercice de l'art, est d'interroger la nature dans les pays de montagnes et près de la mer, si cela se peut. Là, depuis la ligne inflexible de l'horizon, jusqu'aux accidens les plus bizarres qu'offre le contour des roches minées par les intempéries de l'air, ou fracassées par la foudre, on pourra tracer sur le papier toutes les combinaisons de la ligne sur la nature morte. Ce ne sont pas des dessins terminés qu'il faut faire pour ce genre d'étude, mais des contours copiés fidèlement et tracés avec énergie. Dans tous les lieux, par tous les pays différens où le sort vous porte, on doit faire des traits d'après nature, afin de comparer le caractère des lignes propre à chaque territoire, à chaque contrée.

Au moyen de la même méthode, on étudiera la ligne sur les arbres, sur les plantes d'espèces différentes dont le port et le feuillage présentent des aspects si variés. Que les animaux dont le contour varie naturellement comme leurs proportions, vous fournissent aussi de nombreux exemples des modifications de la ligne.

Mais que l'homme soit toujours le point central où vous ramenez toutes vos études : car, quelque variées que soient les inflexions de la ligne sur les contours des montagnes, des plantes et des animaux, rien ne peut égaler les combinaisons infinies des formes humaines, qui sont sans cesse modifiées, non-seulement par les accidens matériels, mais par la volonté intérieure de l'homme.

§ III. — *Du modelé ou de l'effet d'une composition.*

Ce que nous avons appelé *modelé*, quand on l'applique aux objets en particulier, comme une tête, un homme, un animal ou une plante, prend le nom d'*effet* quand il s'agit d'un tout composé de parties distinctes, comme un groupe de figures, une scène entière, un tableau.

L'*effet* est donc la disposition nécessaire d'une ou de plusieurs lumières, et des ombres dispensées sur l'ensemble d'une composition.

Ce qui a été dit plus haut au sujet du

modelé des parties, étant d'une application rigoureuse à celui de l'ensemble, on n'y reviendra pas, mais on fera quelques réflexions générales sur le choix de l'effet, eu égard au mode du sujet que l'on doit traiter.

Il est évident que l'aspect gracieux ou terrible, bizarre ou grand, que peut présenter le modelé ou l'effet des lumières, dépend en grande partie de la nature des formes que frappe la lumière, ou qui en sont privées. Quelle que soit l'heure du jour à laquelle on ira voir des montagnes âpres et sauvages, à quelque lumière que l'on expose la tête d'un homme âgé, et dont les os sont très-saillans, le modelé ou l'*effet* se ressentira toujours de la rudesse des formes, puisqu'en dernière analyse l'un résulte des autres. Il y a donc toujours un rapport nécessaire entre les formes et l'*effet*. Pour abréger la série des déductions de ce principe, on dira qu'en peinture il s'établit toujours un rapport forcé entre le sujet que l'on a l'intention de traiter et l'effet qu'il faudra choisir. Or, les modifications que l'artiste apporte à cette loi physique et mathématique, dépendent de

la délicatesse de son goût, et le font sortir de la science pour entrer dans l'art.

Laissant donc à chacun le soin d'approprier l'effet de son tableau selon la nature du sujet qu'il prétend traiter, on se bornera à rappeler ici quelques observations générales fondées sur une longue expérience, et dont l'énoncé peut provoquer la réflexion des jeunes peintres sur les effets de la lumière et des ombres.

La lumière est comme l'eau, elle se glisse partout où elle peut être reçue.

La lumière augmente la lumière ; c'est-à-dire qu'un objet qui en est frappé paraîtra d'autant plus lumineux qu'il sera environné d'objets éclairés eux-mêmes.

Dans un tableau, le point lumineux qui frappe et attire le plus l'œil du spectateur, n'est pas celui dont l'éclat est le plus vif, mais celui dont la masse lumineuse offre la surface la plus grande.

Le moyen le plus sûr de donner à un corps toute l'apparence de sa saillie, est de le présenter sous un aspect et exposé à une lumière tels que l'on puisse suivre avec le moins d'interruption possible les par-

ties claires, teintées, ombrées et refletées.

Les oppositions entre les lumières et les ombres seront toujours plus faciles à saisir, et feront d'autant mieux ressortir et comprendre les détails, que les masses de clairs et d'ombres opposées les unes aux autres, seront plus grandes.

La concentration de la lumière vers un point du tableau est un artifice au moyen duquel on attire l'attention sur un personnage, sur un groupe ou sur un objet dont on juge important que le spectateur soit vivement préoccupé. Ce moyen d'attirer l'œil est proprement ce que l'on nomme *effet* dans l'art de composer. On se servait autrefois dans les écoles de l'exemple d'une grappe de raisin éclairée par un seul jour, pour démontrer par l'évidence l'unité de la lumière principale sur un tout composé de beaucoup de parties distinctes. En effet, de quelque côté que l'on fasse tomber le rayon lumineux sur cette grappe, il y aura toujours d'abord un grain plus éclairé que tous les autres, puis le second plus clair que le troisième, et ainsi de suite. On faisait observer en outre que par la disposition des grains il arrive

souvent que le clair ou les clairs intermédiaires ne sont point visibles, comme lorsque cinq grains de raisin bien éclairés sont séparés par cinq autres grains enfoncés dans l'ombre entre d'autres plus saillans, mais qui reçoivent une lumière déjà moins directe. Cette seconde agglomération de grains dont le plus éclairé forme une demi-teinte avec le plus brillant du premier groupe, est ce qu'on appelle en peinture un *écho* de lumière. C'est ainsi qu'au moyen de ces échos répétés avec art, on répand la lumière dans toutes les parties de la composition, en la laissant toutefois briller sur le point principal.

L'*effet* est un artifice dont le peintre ne saurait se passer, mais il faut bien qu'il se garde d'en faire abus, ce qui arrive fort souvent. Lorsque l'expérience a fait reconnaître la réalité et l'avantage de la concentration de la lumière sur la partie du tableau que l'on veut faire regarder avant tout le reste, on se fait quelquefois un jeu d'ajouter encore aux moyens naturels ceux qui résultent d'une combinaison toute factice. Ainsi le clair étant donné, on exagère outre

mesure les demi-teintes et les ombres. Entre cet abus et l'usage judicieux que l'on peut faire de ce moyen, est l'art du peintre et surtout du peintre coloriste. Pour se faire une idée de la magie de l'effet, on peut consulter les ouvrages de Rembrand, où il a si savamment combiné l'art du coloris avec la science du modelé. Quant à l'emploi de l'effet vrai, sage et cependant admirablement approprié à la nature des sujets, on en trouvera de nombreux exemples dans les productions du Poussin. En comparant l'*effet*, comme l'ont entendu ces deux grands artistes, on saisira facilement toutes les combinaisons intermédiaires que l'on peut faire prendre à cette partie de l'art de la peinture.

§ IV. — *Des couleurs relativement à la composition.*

L'art du coloris ne consiste pas exclusivement à bien copier le ton local des objets, mais il résulte encore du choix convenable des tons de couleur dont on veut former un ensemble harmonieux.

En indiquant plus haut (pag. 74), les différentes matières colorantes dont on fait usage pour peindre à l'huile, et l'ordre dans lequel il convient de les placer sur la palette, on a considéré le coloris comme un des moyens d'imiter un ou plusieurs objets déterminés d'avance.

Il est à propos maintenant d'étudier les couleurs prises abstraitement, et envisagées comme des moyens mis à la disposition de l'artiste par la nature, non pas tant pour donner un complément de réalité aux objets, que pour agir d'une certaine manière sur les sens et l'imagination des spectateurs, en choisissant, en réunissant dans une composition des couleurs différentes quoiqu'harmonieuses entre elles, et dont l'ensemble forme comme une teinte qui se marie convenablement avec le sujet que l'on traite.

Puisqu'une grande partie des tons de couleur introduits dans un tableau, sont choisis par l'artiste, il est donc indispensable que celui-ci en connaisse l'ordre harmonique. Or voici, relativement à l'art de la peinture et sans prétendre rien changer aux observations des physiciens, l'ordre harmonique

dans lequel l'artiste doit étudier les couleurs.

Il n'y a que trois couleurs simples et primitives : le JAUNE, le ROUGE et le BLEU. Les peintres ne reconnaissent pour primitives que ces trois couleurs, parce qu'aucun mélange ne peut les produire, et qu'au contraire avec le mélange de ces trois couleurs on peut produire toutes les séries de teintes que l'on observe sur les objets naturels.

En mêlant ces couleurs simples deux à deux, elles engendrent trois autres couleurs distinctes et brillantes. Le jaune et le rouge mêlés produisent l'ORANGÉ; le rouge et le bleu produisent le VIOLET; le bleu et le jaune produisent le VERT. D'où il résulte que pour le peintre il y a six couleurs franches et brillantes, dont trois simples et primitives : le *jaune,* le *rouge,* le *bleu,* et trois composées et secondaires : l'*orangé,* le *violet* et le *vert.*

Pour satisfaire à la fois les sens et l'intelligence, car le peintre ne doit jamais séparer l'exercice de ces deux facultés, on peut disposer l'échelle chromatique sur une bande circulaire. On placera à des distances égales sur cette circonférence, les trois cou-

leurs simples et génératrices : le JAUNE, le ROUGE, le BLEU; et dans les intervalles compris entre ces trois couleurs, on introduira leurs mélanges gradués dans des proportions telles que les nuances retiendront toujours plus de la qualité de la couleur génératrice dont elles seront plus rapprochées.

Par ce moyen on reconnaîtra sur l'échelle chromatique six divisions précises, déterminées par le JAUNE, l'*orangé;* le ROUGE, le *violet;* le BLEU, le *vert.*

Quant aux subdivisions des tons intermédiaires, quelque nombreuses que l'on veuille les faire, il faudra toujours partir de ces points principaux pour multiplier systématiquement les nuances qui les séparent.

L'exposition sommaire de ce système chromatique doit suffire pour donner l'envie d'en connaître toutes les conséquences. Nous nous attacherons donc maintenant à en faire ressortir l'utilité dans ses rappors avec l'art de la composition.

A l'inspection de l'échelle chromatique circulaire, on vérifie à l'instant une observation que l'on n'avait faite quelque-

fois qu'imparfaitement sur des points de comparaison isolés. Il est évident et il reste démontré pour les sens, qu'il y a des couleurs lumineuses de leur nature, telles que le *jaune*, le *rouge* et l'*orangé ;* et que d'autres, au contraire, sont *sourdes*, comme disent les peintres; de ce nombre sont le *vert*, le *violet* et le *bleu*.

Il est donc possible, en faisant abstraction du jeu de la lumière, au moyen duquel on modèle les masses et les groupes d'un tableau, d'établir par le choix des couleurs seulement une dégradation de tons, comme en partant du *jaune* pour aller à l'*orangé*, puis au *rouge* et au *violet* jusqu'au *bleu ;* comme de l'autre côté de l'échelle en parcourant une dégradation moins longue, mais analogue, depuis le jaune en passant par le vert pour aller jusqu'au bleu.

Puisqu'il y a des tons de couleurs qui de leur nature sont lumineux, et d'autres *sourds*, il sera donc important de les bien connaître pour en tirer avantage. Ainsi dans la partie ombrée d'une composition, s'il est nécessaire d'y rappeler discrètemeut la lumière, on pourra introduire des draperies jaunes,

rouges ou orangées, de même que dans les groupes les plus éclairés, si l'on veut détourner l'attention du spectateur de dessus un personnage pour la rappeler sur un autre, on entourera ce dernier de couleurs lumineuses, réservant les couleurs *sourdes* pour couvrir l'autre. C'est l'artifice employé le plus fréquemment par les peintres coloristes.

Mais le grand avantage qui résulte de l'étude de l'échelle chromatique est de rectifier des idées fausses sur les couleurs. Dans les écoles de peinture, on répète depuis long-temps qu'il y a des couleurs *ennemies.* Les couleurs ne sont point ennemies l'une de l'autre; elles sont opposées, et l'échelle chromatique indique précisément l'éloignement qui les sépare. De plus, elle fait connaître tous les tons intermédiaires par lesquels on peut réunir les couleurs les plus opposées, comme le *jaune* le plus clair avec le *bleu* le plus foncé.

C'est en étudiant l'échelle chromatique sous ce dernier rapport qu'elle pourra être d'un grand secours pour l'artiste lorsqu'il traite la partie de la composition qui résulte

du choix harmonieux des tons de couleur.

Il reste à dire quelques mots sur le blanc et le noir, qui, considérés abstraitement, ne sont point des couleurs. Cette vérité, exprimée par Newton et généralement adoptée par les physiciens aujourd'hui, avait été émise par Léonard de Vinci à la fin du quinzième siècle. D'après ses paroles on pourrait même juger que cette opinion était commune à tous les savans de l'époque. « Pour les peintres, dit Léonard (chap. 161 de son Traité de peinture), le blanc est la première des couleurs simples, bien que les philosophes ne mettent au nombre des couleurs ni le blanc ni le noir. »

On doit donc considérer abstraitement le blanc, résultat et réunion du mélange de toutes les autres couleurs, comme le premier degré d'un gris très-clair, dont les tons peuvent se dégrader insensiblement jusqu'au noir, qui est l'absence de toute couleur et de toute lumière.

Le peintre, en faisant le choix des couleurs différentes qu'il veut introduire dans sa composition, doit donc porter une attention particulière aux tons intermédiaires

par lesquels il établira la transition des unes aux autres, et pour ce travail l'échelle chromatique lui servira de guide.

Quant au blanc et au noir figurés sur la palette par les deux couleurs auxquelles on donne le même nom, elles président en quelque sorte à la dégradation de la lumière qu'elles expriment, comme nous l'avons prouvé en parlant des dessins monochromes.

D'où il suit que du choix des tons de couleurs habilement assortis, et de la dispensation nécessaire et artistement calculée de la lumière et des ombres représentées par le blanc et le noir, résulte, dans une composition peinte, ce que l'on appelle harmonie.

§ V. — *De l'harmonie en peinture.*

Ce mot *harmonie*, fréquemment employé par les artistes, a besoin d'être expliqué, car on l'applique au dessin, au modelé, au coloris et à la composition.

Il y a *harmonie* dans le contour et le dessin, quand les formes, les proportions et le

geste, si c'est un être animé que l'on représente, sont dans des rapports exacts et naturels eu égard à l'objet imité.

Il y a *harmonie* dans le modelé, quand la dégradation de la lumière est exprimée dans des rapports exacts et naturels avec les formes sur lesquelles les jours directs ou de reflet frappent et glissent.

Il y a *harmonie* dans les couleurs, quand la combinaison des tons est préparée de manière à ce que l'œil soit conduit d'une couleur à une autre sans secousses trop violentes, et enfin lorsque des effets combinés de l'harmonie dans le modelé et dans les couleurs, il résulte un coloris et un effet *harmonieux*.

Tout naturellement on applique le mot *harmonie* à l'ensemble d'une composition, quand le dessin, le modelé, le coloris et la disposition du sujet forment un tout de parties homogènes, dont l'effet général sur le spectateur est vif, fort et bien un.

§ VI. — *De la faculté d'idéaliser.*

Dans une composition, comme dans toutes les parties qui concourent à la former, le

hoix des matériaux et leur ordonnance oivent être faits avec discernement. Tout e qui ne va pas droit au but que l'artiste e propose d'atteindre l'en éloigne; aussi, our concentrer les émotions et les idées u'il veut provoquer chez les autres, faut-il qu'il fortifie, en les simplifiant, les images et es signes au moyen desquels il parle aux sens et à l'âme de ceux à qui il s'adresse.

On se forme en général une idée fausse de la *composition idéale* dans les arts. Communément on entend par ce mot une opération de l'esprit et de la réflexion qui détermine à inventer une chose ou un être qui n'existe pas. L'homme véritablement né artiste ne descend jamais de l'idée abstraite aux formes réelles : son instinct le porte toujours à parcourir l'espace qui sert de carrière à la pensée dans le sens inverse. Il va donc des formes à l'idée.

Si vous conduisez un enfant né avec le goût de la peinture dans une école de natation, on peut être sûr que le lendemain il exprimera, incorrectement quant aux formes de détail, mais avec justesse quant à l'ensemble, des hommes de l'âge de dix-huit à

trente ans dans toutes les attitudes propres à la natation. De soixante ou de quatre-vingts nageurs qu'il aura vus, il en composera cinq ou six où tous les caractères de la forme, des proportions et des gestes propres à cet exercice, seront exprimés d'une manière non équivoque. Enfin il aura fait l'*idéal* du nageur. Menez-le au bal, à la salle d'armes, dans un hôpital ou à l'église, il fera tour à tour la représentation abstraite ou *idéale* du danseur, du spadassin, du malade et du dévot.

Ce que l'enfant bien organisé fait par instinct, il l'exécutera plus tard par le secours de la science et de l'art. A force de saisir des caricatures et de tendre vers le beau par instinct, il mettra ses observations en ordre, les comparera entre elles, en tirera des conséquences sur lesquelles il établira des principes. En étudiant les formes, les proportions, ainsi que les différentes espèces de mouvemens et de gestes qui en résultent nécessairement, il classera les espèces, il distinguera des genres, et bientôt il rattachera tous les individus à des types principaux. Bref, après un an d'études anatomiques,

faites conjointement avec celle de la nature vivante, il n'y aura plus dans le monde un individu isolé pour le peintre, et ce dernier saura dire à quelle famille, à quelle race chaque objet, chaque être appartient.

C'est de ce classement des individus par séries distinctes que provient l'idée de ces êtres abstraits, *idéalisés*, dont, en général, les artistes aiment à façonner l'image. De leur côté, les spectateurs, aussi curieux mais moins actifs que les artistes, se plaisent infiniment à voir ces représentations qui accumulent les émotions sur leurs sens et dans leur âme, comme un verre ardent rassemble les rayons du soleil sur un seul point. Tout homme donc qui imite la nature au hasard et pièce à pièce, comme elle se présente à ses yeux, eût-il le don de rendre les objets avec toute la vérité possible, ne sera jamais qu'un copiste et un peintre ordinaire. Celui-là seulement est artiste, qui coordonne son imitation de manière à produire un effet prévu. Cette condition est tellement essentielle à l'art, qu'elle se trouve remplie, quoique très-imparfaitement, par toutes les nations qui ont cultivé, à quelque degré que

ce soit, la sculpture et la peinture. Partout le besoin des types s'est fait sentir; partout la nécessité d'employer des formes idéalisées et abstraites, comme un moyen de transmettre rapidement les sensations et les idées, est impérieuse et inévitable. Il y a donc à la fois dans l'homme le besoin et la faculté d'*idéaliser.*

La nation du monde où, sans contredit, ce besoin et cette faculté se sont développés avec le plus d'énergie, est celle des Grecs anciens. Ils reçurent d'abord des types monstrueux de divinités indiennes et égyptiennes; mais par une suite de causes historiques et de préjugés religieux, qui malheureusement sont peu connus, ils modifièrent tous les types d'idoles qui leur avaient été transmis, et se firent des dieux à leur goût, selon leurs besoins, et en prenant l'homme pour point de départ et de comparaison.

Dès les premiers temps où les arts ont été cultivés en Grèce, les artistes de ce pays furent portés à analyser toutes les formes visibles, à les comparer entre elles, à y chercher des analogies et des différences, et à les classer par ordre. L'instinct eut sans doute

une grande part à ces premiers essais; mais cette longue expérience faite par les sens ne contribua que plus sûrement à préparer la science et à développer l'art.

Chez aucun peuple la nature vivante, et particulièrement l'homme, n'ont été étudiés avec plus de méthode que par les Grecs. En partant des plus anciens ouvrages de sculpture que nous ayons d'eux, jusqu'à ceux où l'imitation est la plus parfaite, on peut suivre l'ordre dans lequel ils ont successivement découvert les phénomènes visibles et imaginables de la vie de l'homme. Dans les compositions au trait des vases dits étrusques, dans les bas-reliefs du plus ancien style, où l'art n'est encore que dans son enfance, le contour exprime avant tout le *geste* et la *caricature* (en beau ou en laid) des personnages de nature différente, introduits dans les représentations.

Si l'on consulte des monumens d'un âge où l'art avait fait quelques progrès, on voit toujours le geste fortement déterminé; mais les mouvemens sont déjà plus finement rendus, les formes intermédiaires beaucoup plus soignées.

Enfin, les proportions exactes qui résultent de l'observation des formes, frappent bientôt l'attention, et aussitôt que cette qualité est exprimée dans les personnages, elle rend manifeste une variété d'êtres qui excitent d'abord la curiosité et qui ne tardent pas à forcer le spectateur de les comparer entre eux, de les juger, et de les aimer ou de les haïr. Alors l'idée du beau et du laid est acquise.

En prenant le *beau* et le *laid* comme les deux degrés extrêmes où les modifications des formes humaines peuvent parvenir, les proportions sont certainement ce qui caractérise le plus clairement ces deux qualités opposées, ainsi que toutes les combinaisons infinies de la forme, comprises entre ces deux points de départ.

C'est ce que démontrent jusqu'à l'évidence tous les ouvrages grecs de l'époque de Phidias, ou faits un peu avant lui. Les bas-reliefs et les statues venus d'Athènes, les colosses de Monte-Cavallo, et d'autres ouvrages analogues, en sont la preuve. Tout l'effet qu'ils produisent sur ceux qui les regardent, résulte du geste qui est bien en rap-

port avec les formes; des formes qui sont bien exprimées, et soumises à des proportions qui sont bien celles que doit avoir chaque individu représenté. Dans ces ouvrages l'expression d'aucun sentiment de l'âme, d'aucune pensée, ne se mêle au genre de satisfaction qu'ils font naître. On se plaît seulement à considérer un être qui représente bien un jeune homme, un homme fait ou une femme; qu'ils soient couchés, debout ou en mouvement, on prend un plaisir involontaire à comparer le geste et l'attitude de chacun relativement à son âge, à son sexe et au caractère de ses formes individuelles. Si, comme sur les bas-reliefs d'Athènes, on voit des jeunes gens montés sur des chevaux, on observe, avec une satisfaction intérieure, le rapport et la différence des proportions humaines avec celles des animaux; on suit les deux mouvemens du cavalier et de la monture, qui, ainsi que la pondération des deux corps, se combinent ensemble.

Enfin jusqu'à Phidias, où l'art passe pour être arrivé à un si haut degré de perfection, à peine si l'on s'était occupé de rendre les

sentimens intérieurs, les efforts de la volonté humaine et les grands élans de l'âme. Cependant à cette époque tous les types de ces figures *idéales*, telles que les douze grands dieux, les divinités inférieures, les héros, les athlètes, les faunes, les sylènes, les satyres, les centaures, les griffons, les arimaspes, les dragons, les hydres et la chimère, tout enfin était inventé, tout avait été exécuté avec une étonnante supériorité.

Il faut bien conclure de ce fait important que ce que l'on appelle la composition *idéale* dans les arts d'imitation, résulte immédiatement de la connaissance des formes et de l'étude approfondie de leurs proportions entre elles. En effet, c'est un moyen de représenter l'homme, et d'exprimer même ce qu'il éprouve au dedans de lui, d'une manière beaucoup plus sûre et plus durable, que par les petits accidens passagers qui altèrent son visage, accidens auxquels on donne exclusivement le nom d'*expression*. Dussions-nous choquer quelques préjugés, qui, pour être vieux, n'en sont pas plus raisonnables, nous répèterons que, pour un peintre, l'expres-

ion des sentimens intérieurs n'est pas seulement sur les traits du visage, mais au contraire qu'on n'en trouvera la manifestation complète que dans le *geste* et dans les *proportions* du corps de l'homme et des animaux.

Quant au geste, une observation superficielle suffit pour faire reconnaître qu'il trahit les intentions les plus incertaines de la volonté des êtres animés.

Pour les *proportions*, elles dénotent, outre l'aptitude particulière d'un individu à tel ou tel exercice, les habitudes que ses dispositions naturelles lui ont fait contracter. Ainsi l'élégance ou la lourdeur, la grosseur ou la ténuité des membres, deviennent des indices au moyen desquels on préjuge des deux facultés dominantes d'un animal. Lorsque le peintre a réuni un certain nombre d'observations faites sur la nature, il sait quelles sont les proportions qui se rencontrent le plus ordinairement dans les coureurs, les danseurs et les sauteurs. Il reconnaît que les meilleurs cavaliers ont les jambes longues; que les bons fantassins, au contraire, ont les extrémités inférieures courtes; que les individus dont les membres sont trapus, ra-

massés, déterminent par leurs mouvemens des angles plus aigus, paraissent plus vifs, et ont quelque chose de comique et de bouffon dans tous leurs gestes ; que ceux qui ont les os longs, au contraire, agissent plus pesamment, font avec leurs membres des angles plus obtus, et ont ordinairement plus de gravité dans leur démarche et dans toutes leurs actions; que si quelque accident force les hommes à proportions alongées à exercer quelque mouvement brusque et aigu, le ridicule naît, parce qu'ils font un geste contraire à leur nature ; que le comique opposé naît aussi lorsque les hommes à membres courts affectent la lenteur et la gravité. Or, tous ces gestes, tous ces mouvemens, contraires en apparence, résultent des proportions différentes. L'éléphant et la souris ouvrent et ferment des angles égaux en marchant, la différence n'existe que dans la longueur de leurs extrémités, rayons plus ou moins longs, décrivant un arc plus ou moins large, mais enfermé dans le même angle.

Les artistes de l'antiquité ainsi que ceux du moyen âge ont attaché la plus grande

importance à l'étude des proportions de l'homme et des animaux ; ils étaient pénétrés de l'idée développée plus haut : *que tout est proportion*. Dans le fait, c'est certainement par elles que l'on donne à chaque individu un caractère particulier, abstraction faite du geste. Ainsi les anciens lorsqu'ils avaient un lutteur, un danseur, un guerrier, un chasseur à représenter, se fiaient beaucoup moins au geste qu'ils pouvaient donner pour indiquer la profession du personnage, qu'ils ne mettaient d'importance à lui donner les proportions et les formes propres à l'exercice de telle ou telle faculté. Ils poussaient la coquetterie de l'art au point de mettre presque toutes leurs figures dans une attitude de repos, afin que ce ne fût ni par un mouvement violent, ni par une expression redoutable, qu'ils fissent reconnaître un vainqueur aux jeux, ou un Mars, mais par leurs proportions et par leurs formes. Quant aux attributs et à l'expression des sentimens, ce n'était pour ces artistes qne des accessoires.

Pour ne rien laisser de douteux sur ce qui concerne les proportions du corps, et

par conséquent sur l'art d'idéaliser, nous ajouterons quelques mots relatifs à la face humaine. Nous l'avons fait observer plusieurs fois dans le cours de cet ouvrage; cette partie de l'homme est devenue l'objet d'une attention exclusive pour les artistes modernes, à tel point même qu'elle leur a fait négliger l'étude du *geste général* du corps.

Cet oubli du tout pour une partie vient sans doute de la mobilité du visage et de la variété des mouvemens avec lesquels il exprime les sentimens de l'âme; mais ce n'est ni la seule ni la plus forte raison. A mesure que les hommes se sont civilisés, l'usage de se couvrir le corps de vêtemens est devenu plus habituel. Le luxe et la vanité en ont fait un besoin qui a vaincu la nature même, et par une succession d'habitudes dont on peut facilement expliquer la force toujours croissante, l'homme à fait refluer, sur les traits de son visage, tous les moyens d'expression qui étaient naturellement répartis sur l'ensemble de son corps.

Les artistes ont été entraînés par cette seconde nature, et n'ayant plus eux-mêmes

les moyens de répandre l'expression sur tout le corps, dont les proportions et le geste se trouvaient ensevelis sous les vêtemens, ils ont contracté l'habitude de faire refouler, de concentrer l'expression du geste de tout un personnage sur son visage seulement. Voilà comment l'on peut s'expliquer l'introduction de cet abus de l'art connu sous le nom de *peinture d'expression*, abus auquel nous devons tant d'ouvrages pleins de grimaces et d'exagérations.

Les anciens s'occupaient aussi de l'expression du visage, mais tout autrement que les artistes modernes, C'était moins les sentimens passagers qu'ils cherchaient à rendre que cette expression habituelle aux individus, et qui résulte de leurs formes, de leurs traits, de leur tempérament et de leur nature ; qui trahit leurs habitudes journalières, qui décèle leurs qualités, leurs défauts et toutes leurs facultés.

Si l'on compare entre elles les plus belles têtes de Jupiter, de Mars, d'Apollon, de Minerve, de Vénus, de faunes, de sylènes et de satyres, qui nous sont venues de l'antiquité, il sera fort difficile de dire quel est

le sentiment passager qui les anime ; elles n'expriment décidément, ni un accès de joie, ni la mauvaise humeur, et aucune passion ne paraît les agiter ; leurs traits sont même dans un état de calme qui a souvent fait dire que ces têtes manquent d'*expression.*

Cependant dans la variété du type de Jupiter, de Mars et d'Apollon, etc., on reconnaît toujours une expression habituelle de physionomie propre à chacune de ces divinités. Or c'est ce genre d'expression auquel les anciens attachaient le plus d'importance, et c'est par les proportions relatives des parties de la tête, et surtout de la face, qu'ils sont parvenus à lui imprimer des caractères si vrais et si variés.

En faisant ces observations comparatives sur la manière différente dont les anciens et les modernes ont traité cette partie de l'art, il s'en faut bien que l'on prétende interdire aux peintres l'expression des traits du visage, ce moyen si puissant de se faire comprendre du spectateur ; mais on a voulu signaler l'abus que l'on en fait si souvent, et démontrer que ce que l'on peut obtenir du

eu des parties molles d'une face humaine, ne se prête jamais plus facilement aux intentions de l'artiste, que quand celui-ci a d'abord pris soin d'*idéaliser* la physionomie habituelle de son personnage, et de lui donner les proportions les plus convenables à sa nature, en sorte que par la forme et la courbure des os, ainsi que par leurs proportions et celles des formes charnues qui les recouvrent, on puisse juger de l'humeur, du tempérament et du caractère de l'individu dont on a voulu donner l'idée. Les anciens ont assez rarement exprimé les mouvemens convulsifs de la colère et de la joie, mais il est impossible de voir un de leurs bons ouvrages sans pouvoir dire, d'après les traits de la figure de leurs personnages, celui-ci est enclin à la sagesse, cet autre à la colère, un troisième à l'amour, et ainsi de suite. En effet, à la première vue le Jupiter Mansuétus et la Minerve, le Mars et la Vénus semblent inanimés faute d'expression vive et passagère sur leurs traits; mais combien, lorsqu'on les étudie attentivement, on est frappé de la force avec laquelle le statuaire a imprimé les caractères ineffaçables de leur

expression naturelle, de l'habitude de leur physionomie.

L'art d'*idéaliser* réside donc essentiellement dans celui de combiner les proportions ; une fois les proportions déterminées, le choix des formes en résulte, et pour le peintre, le modelé et la couleur ne sont que des conséquences rigoureuses de la nature des formes. Ce n'est donc pas sans de graves raisons, que dans tout le cours de cet ouvrage on a ramené sans cesse les études du peintre à la connaissance de l'homme physique, comme la seule base solide sur laquelle son imagination pût bâtir quelque chose de raisonnable. Nous avons fait voir qu'il faut d'abord apprendre à copier machinalement, pour vaincre les résistances de la main, et détruire les illusions des sens ; que la première étude sérieuse doit être celle de la perspective, qui fait reconnaître que la peinture a pour objet de représenter l'apparence des formes et non leur réalité ; que dès l'instant où l'on est persuadé de cette dernière vérité, on sent la nécessité d'étudier en elles-mêmes les formes réelles pour en mieux rendre l'apparence, et qu'en soumettant successive-

ment les corps à la triple analyse du contour, du modelé et de la couleur, il résulte de ces études combinées une évidence de l'enchaînement de toutes les parties en un tout qui parle aux yeux, à l'imagination et à l'âme. Enfin, après avoir analysé les propriétés particulières du contour, du modelé et des couleurs, nous avons reconnu que les proportions relatives des parties au tout d'un corps, étant ce qui contribue le plus puissamment et le plus sûrement à le faire reconnaître et à le caractériser, il fallait, pour *inventer* un individu complet et conséquent, pour *idéaliser* un personnage enfin, rapporter tout le travail que l'on doit faire au choix de ses *proportions*.

§ VII. — *Du beau, du laid, conclusion.*

La connaissance des proportions en général, et de celles du corps humain en particulier, est donc l'objet d'une recherche dont nous avons démontré l'importance.

Dans ce travail difficile on pourra s'aider des écrits qui ont été laissés, sur cette matière, par Léonard de Vinci, Albert Du-

rer, Audran et Poussin. Cependant on doit le redire, quelque imposans que soient les noms de ces artistes habiles, on aurait tort de se livrer aveuglément à leurs savantes conjectures. Le principal but d'utilité qu'aient leurs travaux sur ce sujet, est de mettre celui qui l'étudie sur la voie pour chercher par lui-même à trouver des proportions plus parfaites encore. Le succès de ce genre de recherches dépend donc de la délicatesse de l'œil, de la sagacité du jugement, et, par-dessus tout, d'une certaine faculté qui saisit l'harmonie des extrêmes, et qui n'est le partage que d'un petit nombre d'intelligences.

Il ne sera pas inutile non plus de passer en revue toutes les observations qui ont été faites par Porta, Lebrun et Lavater, sur la physionomie de l'homme et des animaux. Sans attacher trop d'importance à ces systèmes, plus ingénieux que solides, il faudra cependant les connaître, ne fût-ce que pour savoir en quoi ils sont fautifs. D'ailleurs les remarques fines et nombreuses que ce genre d'étude porte à faire sur la disposition, la courbure et les proportions des os de la face de l'homme et des animaux, ne peuvent être

qu'avantageuses à l'artiste qui veut dessiner, ombrer, colorier, composer et idéaliser, en appuyant ses travaux sur des connaissances solides.

Au commencement de ce traité nous avons avancé « que le véritable but de la peinture est de faire naître une espèce de plaisir qui résulte de la contemplation de ce qui est *beau*, et que l'imitation qui a simplement le *vrai* pour objet, est la puissance au moyen de laquelle on produit ce plaisir. »

L'exposé méthodique des connaissances que doit acquérir un peintre, a dû prouver que, par l'analyse graduée des vérités partielles, on est inévitablement conduit à les réunir en une seule qui les comprend toutes. Ainsi la connaissance des *proportions* ou de l'*harmonie des extrêmes*, est la vérité totale vers laquelle tendent les nombreuses recherches d'un véritable artiste. Ce n'est donc que quand il a exploré le domaine du *vrai* qu'il peut passer dans celui du *beau*.

Si nous savions quelque chose de neuf et surtout de précis sur ce qui constitue essentiellement le *beau*, nous nous empresserions

de le dire ici. Mais il en est de cette qualité abstraite comme de beaucoup d'autres dont on a la conscience, et que l'on ne saurait démontrer. Le *beau* est pour un peintre ce que la perfection spirituelle est pour un saint ; un but qui recule à mesure que l'on s'en approche davantage, mais vers lequel on est sans cesse entraîné..

A défaut d'une définition du *beau*, et, par conséquent, du *laid*, nous essaierons de déterminer les intermédiaires palpables et sensibles qui séparent ces deux extrêmes, et de faire sentir que la connaissance plus ou moins exacte que l'on peut en prendre, est le seul point de départ fixe d'où l'on puisse s'élancer dans l'étude du beau.

Lorsque nous dirigeons notre regard sur un objet, nous en saisissons d'autant mieux l'image, qu'elle se présente plus directement devant nous, et que ses dimensions sont plus en rapport avec l'organe de notre vue; mais à mesure que la grandeur de l'image s'accroît, que ses proportions se subdivisent, notre œil est forcé d'augmenter ses oscillations pour comprendre dans le cercle de vision, devenu trop vaste, toute

l'étendue de cette image, et mesurer par la comparaison les divisions qu'elle renferme.

Quoique infiniment plus étendue, notre intelligence est cependant comme notre vue, bornée. Sa sphère, tout immense qu'on la suppose, n'a, comme notre œil, qu'un angle déterminé sous lequel elle puisse comprendre, et quand ce qu'elle cherche à saisir s'écarte trop du rayon direct de la vision intellectuelle, si l'on peut dire ainsi, l'esprit oscille et faillit comme l'œil, en multipliant les efforts pour saisir des rapports trop éloignés.

De ces dispositions naturelles à l'homme et de la place qu'il occupe en ce monde, relativement à tous les objets dont il est entouré, il résulte que, dans l'ordre intellectuel comme dans l'ordre physique, il y a entre les myopes et les presbytes une quantité immense d'intelligences et de visions moyennes, dont le consentement unanime produit ce que l'on appelle le SENS COMMUN. Tout part de là. C'est le mètre qui sert à mesurer tout, et quiconque, depuis l'artiste le plus vulgaire jusqu'au génie le plus élevé, ne prend pas ce mètre pour point de départ,

n'arrivera qu'à des calculs et à des résultats erronés.

Dans ce traité, où l'on s'est efforcé de conduire le lecteur devant tous les accidens du *vrai* pour lui faire reconnaître que l'harmonie, les proportions sont le premier degré du *beau*, comme le désordre est l'élément générateur du *laid*, on a cru devoir laisser ces deux extrêmes en dehors de ce cercle de vision intellectuelle, qui, comme on l'a dit, est le domaine du *sens commun*. On s'est appliqué à démontrer ce qui peut être saisi par une raison commune, parce que c'est de la solidité de ces premières études que dépend la justesse des spéculations ultérieures du génie. Ainsi à partir du contour le plus simple, depuis la *silhouette* enfin, jusqu'au choix des proportions les plus convenables et les plus harmonieuses, on a passé en revue les moyens d'étudier les formes modifiées par le mouvement, le geste, la pondération, la lumière, la couleur, et enfin les proportions. Tout ce système de connaissances qui ressortit essentiellement du *sens commun*, comprend les rapports qui engendrent la *beauté* visible et les degrés

successifs qui peuvent y conduire. Ce n'est donc pas, nous le répétons, l'essence du *beau* que nous prétendons faire connaître ici, mais les élémens matériels, visibles, palpables, dont la combinaison bien proportionnée tend à le produire. En faisant du *beau* et du *laid* les deux extrémités excluses de l'ensemble de nos recherches, nous avons voulu diriger l'attention du jeune artiste, quels que soient d'ailleurs son goût dominant et l'étendue de son intelligence, sur les objets d'étude qu'il est indispensable pour tous de connaître, et sans lesquels on ne saurait arriver à rien de grand, ni même de passable. Ainsi, nous espérons avoir démontré qu'avant de se livrer aux caprices d'une imagination fantasque, ou de s'élever jusqu'aux spéculations d'un ordre d'idées vraiment sublimes; ou que soit que l'on veuille produire du *laid* ou du *beau;* ou qu'enfin l'on désire seulement se maintenir dans la sphère de la simple vérité; dans tous les cas, il faut commencer par apprendre et bien connaître ce que le sens commun peut saisir, et ce que la raison démontre. Telle est la marche tracée et suivie dans tous les temps,

chez tous les peuples civilisés, par les artistes fameux, dont les travaux ont été durables.

Cette marche si simple a cela d'avantageux, surtout, qu'elle protége également le dévelopement des dispositions si différentes et si inégales de tous ceux qui se présentent pour parcourir la carrière des arts. En explorant d'abord le domaine mesurable du vrai, chacun, sans contrarier son goût et en consultant les forces de son intelligence, peut de ce point fixe s'élancer en connaissance de cause et avec quelque certitude dans les abstractions de la *beauté*, ou dans les combinaisons du comique, du ridicule, du bizarre, et même du laid. Alors la connaissance que l'on a acquise du vrai, sert toujours de boussole pour apprécier de combien de degrés on en a dévié, et à quel éloignement on s'en trouve. Car, on ne saurait trop le répéter, celui-là mérite vraiment le nom d'artiste, qui a la conscience de ce qu'il fait, et de l'impression qu'il doit produire. Que cette disposition soit le résultat d'une théorie produite par la réflexion, ou due à l'instinct seulement, il importe peu; mais innée ou acquise, il faut qu'elle se trouve

dans l'homme pour qu'il devienne artiste.

Dans ce traité de peinture on a suivi la marche, et l'on a souvent reproduit les idées tracées dans celui de Léonard de Vinci. N'eussions-nous fait par cet écrit qu'engager les artistes à relire les ouvrages de ce grand homme, nous croirions avoir atteint un but louable. Mais ce qui porte le titre de *Traité de Peinture de Léonard de Vinci* est un recueil de réflexions précieuses que cet artiste avait faites sur la nature, en travaillant. Il se proposait de le coordonner avec des traités particuliers sur la perspective, l'anatomie, la lumière, etc. La mort l'empêcha de mettre fin à cette grande entreprise, et des causes particulières nous ont privés de plusieurs manuscrits qui faisaient partie de ce travail.

En recueillant les matériaux épars qui se trouvent dans ce livre, on a essayé d'en composer un traité à l'aide duquel on pourra diriger méthodiquement le cours des études indispensables que tout peintre doit faire.

Dominé par cette opinion, qui a été commune à tous les observateurs de la nature, que la connaissance de l'homme est la science

centrale, d'où s'épanouissent et où viennent rentrer toutes les autres, nous y avons rattaché tous les genres d'études. En cela nous avons suivi particulièrement la grande idée de Léonard de Vinci, qui, dans tout le cours de son traité, ne cesse de répéter qu'un peintre doit être *universel*, et que la méthode qu'il enseigne tend à rendre le peintre *universel*, ce qui veut dire, apte à imiter, à représenter indifféremment tous les objets visibles, sauf à obéir dans l'occasion à l'instinct, au goût, et à la portée d'intelligence que chaque homme a reçus de la nature. On ne trouve donc point dans son livre des recettes pour peindre un arbre, une maison, un cheval, ou tout autre objet en particulier. Il enseigne en général l'art de copier les apparences, de comparer les apparences avec les formes réelles, de suivre l'enchaînement qu'elles ont entre elles, de constater l'effet que produisent leurs proportions harmoniques. Comme de tous les objets que les peintres se proposent d'imiter, l'homme est à la fois le plus compliqué et ce qu'il peut le mieux connaître, c'est sur les formes visibles de cet être, c'est sur les mouvemens et par

suite sur les sentimens de l'homme, que Léonard a fait l'application de tous les principes qu'il a établis. Il suit de cette manière d'enseigner que l'artiste qui sait copier, et qui, après avoir étudié toutes les parties qui constituent l'homme, aura la fantaisie d'imiter un arbre ou une plante, jugera par analogie qu'il faut observer en particulier le tronc d'un chêne, ou la tige d'une fleur, comme il étudie les os et les muscles d'un homme ou d'un animal; il sentira que la dégradation de la lumière et la théorie des couleurs s'appliquent indifféremment à tous les corps, quelles que soient leurs formes particulières, et qu'enfin, quand on a abordé toutes les grandes difficultés qui se rattachent à l'étude des formes, des mouvemens, et même de la vie de l'homme, on n'en rencontre plus que de bien moindres, en s'occupant de la nature végétante ou morte.

Léonard de Vinci, comme tous les grands artistes de son pays, jusqu'au seizième siècle, n'a donc eu aucunement l'idée de diviser l'art de la peinture en plusieurs genres. Persuadé qu'il était, que rien n'est plus inutile et ordinairement plus dangereux, que de

vouloir former le goût des artistes dans tout ce qui tient à l'art d'inventer, il s'est borné à leur indiquer les moyens scientifiques et matériels que l'expérience lui avait fait reconnaître bons, pour copier correctement d'après nature tous les objets qu'il leur prendrait envie d'imiter. En aucun endroit de son livre il n'indique de s'occuper de tel objet plutôt que de tel autre. Il donne le moyen de rendre l'apparence des objets comme un grammairien enseigne la syntaxe, comme un musicien développe les lois de l'harmonie. Le rhéteur, l'homme qui veut apprendre à son élève l'art de sentir et de penser, ne paraît jamais. Aussi les principes du livre de Léonard de Vinci sont-ils également applicables à des travaux de la nature de ceux de Raphaël et de Michel Ange, comme aux bambochades d'un peintre flamand ou hollandais.

Cette manière de faire un traité de peinture nous a paru la meilleure; nous l'avons adoptée. Le lecteur jugera si nous l'avons bien suivie.

BIOGRAPHIE

DES PEINTRES LES PLUS CÉLÈBRES,

TANT ANCIENS QUE MODERNES (1).

École grecque.

CLÉANTHE de Corinthe, 900 (av. J.-C.). Peintre monochrome.

CIMON de Cléone, 800 (av. J.-C.). Il fait des profils distincts.

BULARQUE, 754 (av. J.-C.). Le premier peintre polychrome.

PANOENUS, frère de Phidias, 443 (av. J.-C.). Peint la bataille de Marathon, au Pœcile.

POLYGNOTE de Thase, 436 (av. J.-C.).

PHRYLLUS, PAUSON, DENIS, de Colophon.

NICANOR de Paros, ARCESILAUS, etc., vers 412 (av. J.-C.).

PARRHASIUS d'Éphèse, 412 (av. J.-C.). Émule de Zeuxis.

ZEUXIS d'Héraclée, 400 (av. J.-C.). L'un des plus célèbres peintres de l'école grecque.

PAMPHILE de Macédoine, 360 (av. J.-C.). Maître d'Apelle.

(1) Le grand nombre des Peintres que nous ne pouvions nous dispenser de citer, nous a fait penser qu'il serait plus utile de les ranger par écoles que par ordre alphabétique.

PROTOGÈNE de Rhodes, 356 (av. J.-C.). Rival d'Apelle.

APELLE de Cos, 331 (av. J.-C.). Le plus grand peintre de l'antiquité.

Peintres romains.

FABIUS, surnommé Pictor à cause du talent qu'il avait pour peindre, 304 (av. J.-C.). Ses peintures existaient encore au temps de Claude, 348 ans environ après leur exécution.

TURPILIUS, chevalier romain.

ANTISTIUS LABEO, préteur, puis proconsul de la Gaule Narbonnaise, vers 98 de notre ère. Il ne faisait que de petits tableaux.

Nota. Il n'y a que ces trois Romains de condition libre qui aient exercé la peinture.

ÉCOLES ITALIENNES.

École florentine.

CIMABUÈ, flor., né en 1240, mort en 1300.

GIOTTO, flor., 1276-1336.

TADDEO GADDI, élève de Giotto, 1300-1352.

MASACCIO, toscan, 1401-1443.

BEATO GIOVANNI ANGELICO, 1387-1455. Peintre et l'un des miniateurs les plus célèbres de l'Italie.

ANTONELLO DA MESSINA, 1447-1496. Ce fut lui qui apporta le secret de la peinture à l'huile en Italie.

GHIRLANDAIO (Dominico), flor., 1451-1495. Michel Ange a travaillé à son école.

SIGNORELLI (Luca), 1440-1521. Il a peint à Orvietto un jugement dernier qui passe pour avoir inspiré quelques idées à Michel-Ange lorsqu'il traita le même sujet.

LEONARDO DA VINCI, 1452-1519. L'un des plus beaux et des plus vastes génies qui honorent l'Italie.

MICHELANGIOLO BONARRUOTI, flor., 1474, 1563. Sculpteur, peintre, architecte et poète du premier ordre.

DANIELE DI VOLTERRA (Richiarelli), mort en 1566. Le meilleur imitateur de Michel-Ange.

FRA BARTOLOMEO DA S. MARCO, tosc., 1469-1517.

ANDREA DEL SARTO, flor., 1488-1530. Excellent peintre.

PONTORMO, flor., 1493-1556.

PIETRO DA CORTONE, 1596-1669.

ROMANELLI, 1617-1662.

École romaine.

PERUGINO (Pietro Vanucci), 1446-1524. Très-habile peintre et maître de Raphael.

RAPHAEL (Sauzio Raffaello di Urbino), 1483-1520, le plus grand peintre de toutes les écoles modernes. Il a fait un grand nombre d'élèves, dont voici les plus fameux :

JULES ROMAIN (Giulio Pippi), 1492-1546;

PRIMATICE, 1490-1570;

IL FATTORE (J. F. Penni), mort en 1528;

PERINO DEL VAGA, 1500-1547;

JEAN D'UDINE, 1494-1489;

POLIDORO DE CARAVAGGIO CALDARA, mort en 1543;

BARROCCIO (Frederico), 1528-1612;

SACCHI (Andrea), 1599-1661;

MARATTA (Carlo), 1625-1713.

École vénitienne.

BELLIN (Gentil), vén., 1421-1501.

BELLIN (Jean), son frère, 1422-1512. Ces deux peintres sont les fondateurs de l'école vénitienne.

TITIEN (TITIANO VECELLI), 1477-1576, l'un des plus grands peintres des temps modernes. Il a excellé surtout dans le coloris.

GIORGIONE, 1478-1511, très-habile peintre coloriste.

SEBASTIANO DEL PIOMBO, 1485-1547. Élève de Giorgione et de Michel-Ange.

BORDONE, (Paris) 1500-1570.

BASSAN père et fils, de 1510-1591.

TINTORET (*Robusti*), 1512-1594. Fort habile coloriste.

PAUL VERONÈSE (Caliari), 1530-1588. Le meilleur coloriste italien après Titien et Giorgione.

PALME (le jeune), 1544-1628.

PALME (le vieux), 1548-1596.

Ecole lombarde.

MANTEGNA ANDREA de Padoue, 1430-1506. On dit qu'il donna les premières leçons de peinture au Corrége.

CORRÉGE (Antonio-Allegri, dit Corregio), 1494-1534. Très-habile dans l'art de la perspective et réputé le premier peintre pour l'entente du clair-obscur et l'art de se servir du pinceau.

PARMESAN (François Mazzuoli, dit le), 1504-1540.

CARRACHE (Louis), 1555-1618.

CARRACHE (Augustin), cousin du précédent, 1558-1605.

CARRACHE (Annibal), 1560-1609. Ces trois peintres, dont le dernier est le plus célèbre, ont fondé une académie à Bologne, dont les traditions servent encore de règle à toutes celles du même genre qui sont établies en Europe.

SCHIDONE (Barth.), 1560-1616.

MICHEL-ANGE DE CARRAVAGE, 1569-1609.

GUIDO-RENI (le Guide), 1575-1642. L'un des plus habiles élèves du Carrache.

ALBANI (François), 1578-1660.

LANFRANCO (Jean), 1581-1647.

DOMINIQUIN (Dominichino-Zampieri), 1581-1641. On l'appelait le *Bœuf* dans l'atelier des Carraches, à cause de la peine et de la lenteur avec laquelle il travaillait. Le Dominiquin est un des plus grands peintres de l'Italie.

GUERCINO (le Guerchin, J.-F. Barbieri da Cento), 1597-1667.

MOLA (Pierre), 1671-1666.

CIGNANI (Charles), 1628-1719.

Ecole allemande.

GUILLAUME (Willem Meister), Cologne, 1380-1410, Fondateur de l'école allemande.

VAN-EYCK (Jean), de Bruges, 1420-1477. Il passe pour l'inventeur de la peinture à l'huile.

HEMLING (Jean), 1460-1487.

VAN-GOES (Hugo), 1480.

VAN-MECKENEM, 1466.

WOHLGEMUTH (Michel).

SCHOEN (Martin).

LUCA de Leyde ou de Hollande, 1494-1535.

DURER (Albert), Nuremberg, 1471-1528.

MABUSE (Jean), 1480-1562.

GRUNEWALD (Mathieu), vers 1505.

SCHOOREL (Jean), 1495-1562.

VAN-ORLEY (Bernard), mort en 1550.

SWARTZ (Jean), vers 1525.

PATENIER (Joach.), vers 1535.

MELEM (Jean); Cologne, vers 1530.

BRUYN (Barth. de), vers 1535.

COXEIE (Michel), 1495-1592.

HOLBEIN (Hans), Bâle, 1498-1554.

HEMSKERCK, 1498-1574.

CALCAR (Jean), mort vers 1546.

ESHAIMER (Adam), Francfort, 1574-1620.

NETSCHER (Gaspard), Prague, 1636-1684.

ÉCOLES SECONDAIRES.

Ecole espagnole.

RINÇON (Antoine de), castillan, 1446-1500. Il fut employé par le roi don Ferdinand. Cet artiste est le premier qui, en Espagne, ait traité l'art pour le tirer de son enfance.

NAVARETTE (J.-Fern.-Ximénès de), élève du Titien, 1532-1578. Il était muet.

MORALÈS, surnommé le *Divin*, parce qu'il

n'a peint, dans le cours de sa vie, que des sujets saints, 1509-1586.

VARGAS (Louis de), 1528-1590.

CESPEDES (Paul de), Cordouan, 1538-1608. Il a fait beaucoup d'élèves.

CAXES (Eugène), 1577-1642.

CASTILLO (Juan del), de Séville, 1586-1640. Il a été le maître de Murillo.

TRISTAN (Louis), de Tolède, 1597-1649.

PACHECO (François), 1588-1654. Il fut peintre, poète et historien. Valasquez de Silva fut son élève.

RIBERA (Joseph), Valence, 1589-1656.

VALASQUES DE SILVA (don Diégo), né à Séville en 1594, mort à Madrid en 1660. Il fut successivement élève de Rodriguez de Silva, de François Herrera et de François Pacheco. Il fut comblé de faveurs par Philippe IV. Valasquez est un des plus habiles coloristes qu'il y ait eu.

PEREDA (Antoine), Valladolid, 1599-1669.

PAREJA (Jean de), esclave du fameux Valasquez de Silva, chez lequel il apprit la peinture à son insu.

CANO (Alexis), Grenade, 1600-1676.

CARRENO (don Juan), asturien, 1614-1685.

MURILLO (Barthélemi-Etienne), Séville, 1613-1685. L'un des plus célèbres peintres espagnols.

Ecole française.

COUSIN (Jean), né à Soucy, près de Sens, dans le seizième siècle. Habile dans le dessin.

FREMINET (Martin), Paris, 1567-1619. Il a peint à Fontainebleau.

VOUET (Simon), Paris, 1582-1641. Il fut le chef d'une école d'où sortirent Lesueur, Lebrun, Mignard, Dufresnoy, etc.

POUSSIN (Nicolas), aux Andelys, 1594-1665. L'un des peintres dont le génie a été le plus mâle et le plus étendu.

DUCHET, dit *le Guaspre*, 1613-1675. Très-habile paysagiste ; parent et ami de Poussin.

STELLA (Jacques), Lyon, 1596-1647.

BLANCHARD (Jacques), Paris, 1600-1638.

BOURDON (Sébastien), 1615-1662. Peintre d'histoire et habile paysagiste.

LORRAIN (Claude Gelée), dit *le Lorrain*, 1600-1682. Le plus excellent peintre de paysage de toutes les écoles.

VALENTIN, né en Brie, 1600-1632. Excellent praticien.

CHAMPAGNE (Philippe de), Bruxelles, 1602-1674. Cet habile praticien a toujours travaillé en France.

HIRE (Laurent de la), Paris, 1606-1656. Il a peint l'histoire et le paysage.

BRUN (Charles le), Paris, 1618-1690, très-

habile peintre. Il a excellé surtout dans l'art de la composition.

COYPEL (Noël), Paris, 1629-1717.

FOREST (Jean), Paris, 1636-1707. Paysagiste.

FOSSE (Ch. de la), Paris, 1640-1716.

JOUVENET, Rouen, 1644-1717.

PARROCEL (Joseph), Provence, 1648-1704, peintre de batailles.

BOULLONGNE (Bon), 1649-1717. Louis BOULLONGNE, son frère, 1654-1733. Tous deux nés à Paris.

SANTERRE (J.-B.), Pontoise, 1651-1717.

LARGILLIÈRE (Nicol. de), Paris, 1656-1746.

COYPEL (Antoine), 1661-1722.

DESPÔRTES (Fr.), Champagne, 1661-1743.

RIGAUD (Hyacinthe), Perpignan, 1663-1743. Bon peintre de portrait.

TROY (J.-J. de), Montpellier, 1676-1752.

RAOUX (Jean), Montpellier, 1777-1734.

VANLOO (J.-B.), Aix, 1684-1745. Carlo Vanloo est son fils.

WATTEAU (Antoine), Valenciennes, 1684-1721. Bon coloriste, inventeur d'un genre gracieux et bizarre tout à la fois.

MOINE (Fr. le), Paris, 1688-1737. Peintre à fracas. Il a peint le plafond du salon d'Hercule à Versailles.

VIEN (Joseph-Marie), Montpellier, 1716-1809. Il a été le maître de David.

DAVID (Louis), Paris, 1748-1825. Très-habile dessinateur. Il a ramené en France le goût des études sévères dans tous les arts d'imitation.

DROUAIS (Germain), Paris, 1763-1788. Elève de David, mort à la fleur de l'âge.

PRUDHON (Pierre-Paul), Cluny, 1763-1823. Coloriste et compositeur très-agréable.

GIRODET DE TRIOZON, Montargis, 1767-1826. Dessinateur savant, élève de David.

BOUCHER (François), Paris, 1704-1770.

VERNET (Joseph), Avignon, 1714-1789. Excellent peintre de marine.

LANTARA (Simon-Mathurin), 1758-1778. Paysagiste dont les dessins sont surtout estimés.

VALENCIENNES (Pierre-Henri), Toulouse, 1750-1819. Paysagiste. Il a ramené l'école aux études sérieuses.

Ecole Flamande.

STEENWYCK, 1550-1603.

BRIL (Paul), Anvers, 1550-1622.

POURBUS (Fr.), 1560-1622.

BREUGEL (Jean, dit *de Velours*), 1575-1642.

RUBENS (Pierre-Paul), Cologne, 1577-1640.

L'un des plus grands peintres qui aient existé.

FOUQUIERÈS (Jacq.), Anvers, 1580-1658.

KRAYER (Gaspard), Anvers, 1595-1669,

SNYDERS (Fr.), Anvers, 1587-1657. Excellent peintre d'animaux.

JORDAENS (Jacq.,) Anvers, 1594-1678.

VANDICK (Antoine), Anvers, 1599-1641. Excellent peintre de portrait. Elève de Rubens.

BROWER, Oudenarde, 1608-1640.

TENIERS (David), Anvers, 1610-1659. Peintre de genre, excellent coloriste.

VAN-DER-MEER (Jean), Lille, 1927. Peintre d'animaux.

VAN-DER-MEULEN (Ant.-Fr.), Bruxelles, 1634-1690. Excellent peintre de batailles.

Ecole hollandaise.

OTTO-VOENIUS (Octave-Van-Veen), Leyde, 1556-1634. Il fut le maître de Rubens.

POELEMBURG (Corneille), Utrecht, 1586-1660.

HEEM (J.-David), Anvers, 1604-1674. Peintre de nature morte.

REMBRANT (Van-Ryn), Bords du Rhin, 1606-1668. Peintre d'une rare habileté pour le coloris et le clair-obscur. Ses compositions sont pleines de vie et d'imagination.

POTTER (Paul), Enchuysen, 1624-1654. Le plus habile peintre d'animaux.

VAN-OSTADE (Adrien), Lubec, 1610-1685. Il a traité le genre familier et bas avec un grand talent.

DOW (Gérard), Leyde, 1613-16... Elève de Rembrant.

RUYSDAEL, 1640-1681. Excellent paysagiste.

LAAR (Pierre de), Laar, 1613-1675, surnommé *Bamboche*. Son genre et ce sobriquet ont fait donner le nom de *bambochades* aux peintures de cabaret.

METZU (Gabriel), Leyde, 1615-1658. Il est remarquable par le coloris et le fini de ses précieux tableaux.

WOUWERMANS (Philippe), Harlem, 1620-1668. Bon paysagiste et peintre de chevaux.

BERGHEM (Nicolas), Amsterdam, 1624-1683. Bon paysagiste.

MIERIS (Fr.) Leyde, 1635-1681. Elève de Gérard Dow. Il a travaillé dans le même genre.

VAN-DEL-VELDE (Adrien), Amsterdam, 1639-1672. Paysagiste.

SCALKEN (Godefroy), Dordrecht, 1643-1706. Portraits en petit.

VAN-DER-WERFF (Adrien), Rotterdam, 1659-1727.

VAN-HUYSUM (Jean), Amsterdam, 1682-1749.

Ecole anglaise.

La plupart des artistes qui ont exercé la peinture en Angleterre, étaient étrangers à ce pays. Hans Holbein, Rubens et Vandyck, sont ceux qui ont le plus contribué à faire avantageusement connaître cet art. Parmi les artistes anglais morts, voici les noms des plus fameux :

HOGARTH (William), Londres, 1697-1764. Peintre satirique, comique, plein de verve et de talent.

GAINSBOROUGH (Thomas), mort en 1788. Paysagiste et bon peintre de portrait.

REYNOLDS (Josué), Devonshire, 1723-1792. Très-habile peintre de portraits, coloriste.

WEST, 1803. Peintre d'histoire, habile dans l'art de la composition.

WILSON (Richard), 1714-1782. Bon paysagiste.



BIBLIOGRAPHIE

DE LA PEINTURE,

OU

CATALOGUE

DES PRINCIPAUX OUVRAGES HISTORIQUES, TECHNIQUES ET CRITIQUES ÉCRITS SUR CET ART (1).

JUNIUS FRANCISCUS. *De Pictura veterum.* Rotterdam, 1594, 1 vol. in-fol. — Ouvrage précieux, surtout par les catalogues alphabétiques qui forment le second volume. L'auteur y a recueilli savamment tous les passages des auteurs grecs et latins qui peuvent jeter de la lumière sur l'art et les peintres de l'antiquité. Le Poussin faisait le plus grand cas de ce livre.

THEOPHILUS, monachus. *De omni scientia artis pingendi.* — Le premier ouvrage où il soit question de la peinture à l'huile.

CENNINO CENNINI. *Traité de peinture à fresque.* Roma, 1821, in-8o. — Ouvrage fort cu-

(1) Le nombre des écrits qui ont trait à la peinture est prodigieux. Ceux qui voudraient plus de détails pourront consulter le Catalogue qu'en a donné Lanzi à la fin du sixième volume de son *Histoire de la peinture en Italie.*

rieux. Il est écrit en très-ancien italien, et n'a point été traduit en français.

LIONARDO DA VINCI. *Traité de peinture.* Paris, 1651, in-fol. — Le meilleur ouvrage sur cette matière. Il a été traduit plusieurs fois.

ALBERT DURER. *De Symetriâ partium humanorum corporum* (des proportions du corps humain). Paris, 1557, in-fol.—Cet ouvrage, originairement écrit en allemand, n'a jamais été traduit en français.

VASARI. *Vies des plus excellens peintres, sculpteurs et architectes jusqu'au milieu du seizième siècle.* Milan, 1807, 16 volumes in-8°.— Ouvrage très-curieux, dont les erreurs ont été rectifiées par des notes dans toutes les éditions de ce livre, données depuis cinquante ans. Vasari est le Plutarque des peintres, avec cet avantage, qu'il a été le comtemporain d'une bonne partie des artistes dont il s'est fait l'historien. Vasari était peintre lui-même de l'école de Florence.

LOMAZZO-PAOLO. *Traité de l'art de la peinture. — Idée du temple de la peinture.* Milan, 1585, in-4°. — Si la lecture de ces deux ouvrages est curieuse, elle n'est pas indispensable.

LETTERE PITTORICHE, etc., etc. *Recueil de lettres relatives à la peinture,* écrites par les peintres et les hommes célèbres de l'Italie.—L'un des ouvrages les plus intéressans pour acquérir

la connaissance d'une foule de détails relatifs à l'art et aux artistes des quinzième, seizième et dix-septième siècles. Ce livre n'est pas traduit en français.

CONDIVI (Ascanio). *Vita di Michel-Angiolo Bonaruotti.* Pisa, 1823, 1 vol. in-8°. — Condivi, élève de Michel-Ange, a écrit sa vie ; c'est une apologie, livre extrêmement curieux, même sous le rapport de l'art. Il n'est pas traduit en français.

DOLCE LODOVICO. *Dialogo della Pittura* (Dialogue sur la peinture), Florence, avec la traduction, 1735, in-8°.

RIDOLFI (Carlo). *Le Maraviglie*, etc. Les merveilles de l'art, ou la vie des illustres peintres vénitiens. Venise, 1648, 2 vol. in-4°.

MALVASIA (Cesar). *Felsina pittrice.* Bologne, 1678, 2 vol. in-4°. — Livre dans lequel on trouve l'histoire des peintres bolonais.

LANZI (Luigi). *Storia pittorica della Italia.* Histoire de la peinture en Italie depuis la renaissance des beaux-arts jusqu'à la fin du dix-huitième siècle. Florence, 1822, 6 vol. in-8° — Excellent ouvrage dont on a donné une traduction en français.

BOISSERÉE et J. BERTRAM. *Collection de dessins lithographiés d'après les anciens maîtres allemands,* dont il a déjà paru 18 livraisons à Cologne. — M. de Boisserée fait espé-

rer qu'il joindra bientôt à ces intéressantes lithographies, une *Histoire de l'art de la peinture en Allemagne,* depuis le treizième siècle jusqu'au seizième.

PALOMINO-VELASCO (D. Antonio). *Traité complet de peinture.* Madrid, 1715, 2 vol. in-f. — L'auteur y a joint la vie des peintres et sculpteurs célèbres espagnols. Cet ouvrage est curieux, surtout dans sa dernière partie, dont on a donné une traduction en français.

CUMBERLAND (Richard). *Anecdotes sur les plus célèbres peintres espagnols.* —Cet ouvrage, écrit en anglais, est extrait du précédent.

CEAN-BERMUDEZ (Juan-Aug-). *Diccionario historico de los mas ilustres,* etc. Dictionnaire des plus illustres professeurs des beaux-arts en Espagne, publié par l'académie royale de Saint-Fernand. Madrid, 1800. — Cet ouvrage, non traduit en français, passe pour très-bon.

FÉLIBIEN (J.-F.). *Entretiens sur les vies et les ouvrages des plus excellens peintres anciens et modernes.* Paris, 1685, 3 vol. in-4°. — Ouvrage fait en conscience, mais trop prolixe. On y trouve des détails curieux sur le Poussin, avec lequel Félibien était lié d'amitié.

PILES (Roger de), *Idée du peintre parfait.* —Tous les conseils donnés dans ce livre sont fort bons.

MARIETTE. *Lettres sur la peinture et notes sur la vie de Michel-Ange*, par Condivi.

AUDRAN. *Les plus belles figures antiques mesurées.* — Cahier avec planches, ouvrage à consulter.

LAIRESSE (Gérard). *Le grand Livre des peintres.* Paris, 1787, 2 vol. in-4°.

MENGS (Antonio Raffaello), peintre et auteur de différens ouvrages sur la peinture, publiés sous le titre d'*Opere diverse.* Paris, 1786, 2 vol. in-4°. — Traduit en français. Ce livre mérite d'être lu.

LE BRUN (Ch.). Deux cahiers de gravures avec texte, l'un sur l'expression des passions de l'âme, l'autre sur les proportions de la face humaine comparée à celle de certains animaux. —Curieux.

DIDEROT. *Essais sur la peinture.* Paris, an IV, 1 vol. in-8°. — Ouvrage curieux à consulter pour connaître le goût du temps auquel il a été écrit.

RUBENS (P.-P.). Ce grand peintre a composé un *Traité des couleurs,* dont le manuscrit existe encore, à ce que l'on croit. On ignore cependant où il peut être.

LAVATER. *De la physiognomonie.*

HOUBRAKEN. *Vies de peintres hollandais,* 1718, 3 vol., Amsterdam.

WALPOLE (Horace). *Anecdotes of painting,*

(Anecdotes sur la peinture). Londres, 1782, 5 vol. in-12. — Ouvrage non traduit, où l'auteur donne des renseignemens curieux sur les artistes qui ont exercé la peinture en Angleterre, depuis le quatorzième siècle jusqu'au dix-huitième.

HOGARTH (William). *Analyse du beau*, traduit en français. Paris, 1806, 2 vol. in-8°.

REYNOLDS (Josué). *Discours sur la peinture*, prononcés à l'académie royale de Londres. Londres, 1801, 1 vol. —Bon ouvrage.

RICHARDSON. *Traité de la peinture*. Londres, 1792, 1 vol. in-4°.

DELAWAY. *Anecdotes of painting.*

WINKELMAN. *Histoire de l'art chez les anciens.* — Le même sujet continué jusqu'au moyen âge, par M. *d'Agincourt*, et jusqu'à nos jours, par le ch. *Cicognara.* — On trouvera dans ces trois grands ouvrages tous les renseignemens que l'on peut désirer sur les vicissitudes de la peinture, depuis les Grecs jusqu'à nous.

VALENCIENNES. *Traité de perspective et de l'art du paysage*, 2e édition. Paris, 1820, in-4°. —Ouvrage remarquable par la solidité des principes, la clarté des préceptes et la profonde connaissance des secrets de l'art.

QUATREMÈRE DE QUINCY. — Outre son *Jupiter Olympien*, cet habile critique a pu-

blié plusieurs ouvrages où il a développé les idées les plus saines sur l'art de la peinture.

DEPERTHES. *Théorie du paysage, Histoire de l'art du paysage.* Paris, 1822, 2 vol. in-8°. — Bons ouvrages.

STENDALH. *Histoire de la peinture en Italie.* Paris, 1817, 2 vol. — Ouvrage sophistique quant au fond, mais plein de remarques fines et d'aperçus vrais dans les détails. C'est le Koran des peintres dits romantiques.

BOUTARD. *Dictionnaire des arts du dessin.* Paris, 1826, 1 vol. in-8°. — Ouvrage fait en conscience et où toutes les expressions consacrées par les peintres, ou relatives à l'art qu'ils exercent, sont expliquées avec une élégante précision.

VALIN. *L'Art du peintre.* Paris, 1 vol. in-8°. —Ce livre, qui est à sa dix ou douzième édition, a pour objet de faire connaître les procédés pratiques relatifs à l'exécution matérielle de la peinture. On y trouve des renseignemens précis sur la qualité des couleurs, des huiles, des vernis, etc., etc.

THIBAULT. *Application de la Perspective linéaire aux arts du dessin.* Paris, 1827. Cet excellent ouvrage a été publié après la mort de l'auteur par son élève M. Chapuy.

MÉRIMÉE. *De la Peinture à l'huile, ou des procédés matériels employés dans cet art,*

depuis Hubert et Jean Van Eych, jusqu'à nos jours. — Cet ouvrage, qui doit être publié très-prochainement, sera un guide sûr pour tout ce qui tient à la pratique de l'art de la peinture à l'huile. On y trouvera aussi une théorie des couleurs dont nous n'avons pu donner qu'un aperçu dans notre ouvrage.



VOCABULAIRE

ANALYTIQUE

DES MOTS TECHNIQUES

DE LA PEINTURE.

A

ACADÉMIE. — Société d'artistes constituée pour cultiver, enseigner et faire fleurir les arts. — L'*Académie royale de peinture et de sculpture de Paris* date de l'an 1648. — L'*Académie de France, à Rome*, a été établie en 1666. — On donne aussi le nom d'*Académie* à une figure d'étude dessinée, peinte ou modelée.

ACCIDENT *de lumière*. — Dans une église qui ne reçoit qu'un jour douteux, si par une fenêtre il se glisse un rayon de soleil qui détermine sur le mur un point très-lumineux, c'est ce que l'on appelle un *accident de lumière*. Quand le soleil se couche au milieu des nuages, cela produit de forts beaux *accidens de lumière*.

ANAMORPHOSE. — Figure informe, mais dont les traits sont combinés de manière à ce que, vus d'un point déterminé, ils offrent à l'œil une figure régulière.

ANTIQUE. — On entend par ce mot toute sculpture grecque ou romaine.

AQUARELLE. — Peinture qui s'exécute sur papier blanc, avec des couleurs détrempées avec de l'eau gommée.

ARABESQUES. — Ornemens dans le style des Arabes ou des Maures. On donne ce nom à tous les ornemens où l'on rassemble des figures et des plantes fantastiques, bizarres et incohérentes.

ATELIER. — Local disposé pour exécuter des tableaux de différentes grandeurs. Comment il faut éclairer les *ateliers* de peinture, 62.

B

BAMBOCHADE. — Composition pittoresque dans le genre le plus bas.

BEAU, 103.

BOSSE. — On désigne par ce nom tout ouvrage de sculpture, mais plus particulièrement les statues moulées en plâtre.

BROSSE. — Espèce de *pinceau* fait avec des soies de porc, et avec lesquelles on peint à l'huile.

C

CALQUE. — Mettre un papier transparent sur un dessin, une gravure ou un tableau, et suivre les traits avec un crayon, est l'opération de *calquer*. Le *calque* est le dessin qui résulte de cette opération.

CAMAYEU. — Dessin ou peinture d'une seule couleur.

CARREAUX. — *Mettre au carreau*. — *Carreaux de réduction*. — Ce sont des lignes perpendiculaires et transversales que l'on trace sur un tableau pour en faciliter la copie ou la réduction.

CARICATURE, 103.

CARTON. — Dessin devant servir de modèle et de patron aux tableaux exécutés *à fresque*, en *mosaïque* ou en *tapisserie*.

CHARGE. *Voy.* CARICATURE.

CHEVALET. — Instrument de bois dont les peintres se servent pour placer la toile sur laquelle ils peignent. — On appelle *tableau de chevalet* tous ceux qui peuvent être exécutés sur cet instrument. Les plus grands ont six à huit pieds.

CLAIR OBSCUR, 61. — Par ces deux mots réunis, les Italiens désignent ce que nous appelons la *peinture en grisaille*. — On dit quelquefois *clair de l'obscur*, et alors on veut parler des reflets, qui, en effet, sont la lumière de l'ombre. — Or-

dinairement on entend par *clair-obscur* la dégradation de la lumière jusqu'à l'ombre, le modelé. Le Corrége passe pour le peintre qui a le plus heureusement traité le *clair-obscur*.

CLAIRS, 46.

CLASSIQUE. — Mot latin d'origine, qui signifie citoyen de première classe. On l'a appliqué aux auteurs du premier rang, et enfin à tous les auteurs de l'antiquité. Depuis quelques années, en France, on désigne par le mot *classique* tout peintre sans imagination qui fait profession d'imiter machinalement les ouvrages de la statuaire antique ou ceux des maîtres du seizième siècle. On va même jusqu'à donner ce nom à ceux qui exécutent leurs travaux d'après la théorie et la pratique des anciens. Enfin on stigmatise particulièrement de ce nom les imitateurs maladroits du peintre David. On dit l'*École classique*, par opposition à l'*École romantique*. Voy. ROMANTIQUE.

COLORER. — COLORIER. — Les artistes mettent une grande différence dans l'acception de ces deux mots. *Colorier*, c'est employer des couleurs bien ou mal : il est synonyme d'*enluminer*. *Colorer* veut dire donner à chaque objet non-seulement sa couleur propre, mais l'exprimer avec force, avec finesse, avec art. — *Colorer* n'est pas admis par l'Académie.

COLORIS. — Effet des couleurs employées par le peintre.

COLORISTE. — Peintre dont les tableaux se font remarquer particulièrement par la beauté du coloris. On dit : Le Titien et Rubens sont deux grands *coloristes*.

COMPOSITION. — Elle résulte, en peinture, du concours le plus complet de toutes les parties de l'art, pour exprimer d'une manière à la fois vraie et belle le sujet que l'on s'est proposé de traiter, 150.

CONTOUR. — C'est le trait au moyen duquel on exprime, sur le papier ou sur la toile, le profil des formes d'un objet que l'on copie, 41 et 100. — LIGNE, 100.

CONTRE-JOUR. — Un dessin, un tableau sont éclairés à *contre-jour*, quand la lumière naturelle qui tombe dessus vient du côté opposé à celui où l'artiste a éclairé sa scène ou son objet.

—On dessine, on peint à *contre-jour*, quand la main et l'outil avec lequel on travaille portent ombre sur le papier ou la toile. —On dit qu'un tableau est à *contre-jour*, pour exprimer qu'il est mal exposé au jour. Dans ce sens, *contre-jour* veut dire *jour contraire*. — Enfin on dessine et l'on peint à *contre-jour*, quand le modèle que l'on copie est directement placé entre l'œil de l'artiste et le jour.

COPIE. — COPIER. — COPISTE. — Ces trois mots et ce qu'ils expriment d'important relativement à l'art est expliqué page 5. La *copie* bien faite d'un chef-d'œuvre fait supposer dans celui qui l'a exécutée une grande puissance de talent. Aussi rien n'est-il si rare qu'une bonne *copie*. — Quand on veut déprécier le mérite d'un ouvrage dont l'auteur est inconnu, on dit communément : c'est une *copie*. — Un peintre manque-t-il de talent, d'originalité, on le qualifie dédaigneusement de *copiste*.

COSTUME. — Observer le *costume*, locution empruntée de la langue italienne par les peintres. *Costume* dans ce sens veut dire les usages propres aux temps, aux peuples, aux lieux différens, et auxquels l'artiste est obligé de se conformer dans la composition de ses ouvrages.

COULEUR, 73 et 168. — Opaques et transparentes, 77.

COUP — *de brosse*, — *de pinceau*. — Quand la brosse ou le pinceau chargés de couleur sont appliqués sur la toile et laissent la trace de leur passage, cette trace prend le nom de *coup* de brosse ou de pinceau, selon l'emploi que l'artiste a fait de l'un de ces deux outils. Cette manière de peindre passe pour une qualité, quand le *coup* de pinceau est donné avec vivacité et justesse. — *Peindre au premier coup*, c'est peindre à cru sur toile ou panneau imprimés, et sans faire d'ébauche préparatoire. La peinture au premier *coup*, ou *sans ébauche*, favorise singulièrement l'éclat du coloris et la conservation des couleurs. *Voy*. ÉBAUCHE.

CRAYON. — Différentes espèces de crayons et leur usage, 45.

— Autrefois on disait faire un *crayon*, dans le sens de faire un croquis.

D

DÉCALQUER, p. 88. — Lorsque l'on a *calqué* un dessin ou un tableau (*V.* Calque) sur un papier ou sur une gaze, et que l'on veut reporter le calque sur un papier ou une toile, cette opération s'appelle *décalquer*. Il y a trois manières de décalquer : 1° en *ponçant* le trait piqué d'un carton avec du charbon pilé, sur un enduit, comme cela se pratique pour la fresque, ou sur une toile, quand on veut reporter le trait d'une composition que l'on doit exécuter à l'huile ; 2° avec une gaze brune, sur laquelle on a d'abord calqué avec du crayon blanc, et sur laquelle on *décalque* en repassant sur les traits blancs avec du crayon noir, qui s'imprime à travers les fils de la gaze ; 3° et enfin avec du papier transparent, en repassant avec une pointe sur les traits calqués, après avoir garni le revers du papier transparent d'une poudre de crayon qui s'imprime sur l'autre feuille sur laquelle on décalque.

DÉGRADATION. — De lumière, p. 51. — De ton, p. 72. — De couleur, p. 172.

DEMI-TEINTE, p. 46.

DEMI-TON, 86. — On dit d'une figure ou d'un groupe qu'ils sont dans le *demi-ton*, lorsqu'un objet d'une certaine étendue et assez éloigné, comme un nuage, porte dessus une ombre légère.

DESSIN *géométral*. — Il a pour objet de représenter les corps solides, considérés sous le rapport de leurs dimensions positives et sans avoir égard aux illusions de la perspective et de la dégradation de la lumière, 32. — A proprement parler, le *dessin linéaire* et le *dessin géométral* sont la même chose. L'usage cependant a établi une différence. On entend aujourd'hui par *dessin linéaire* le moyen de reproduire d'une manière correcte des figures plus ou moins régulières, mais présentées géométralement et abstraction faite de leur épaisseur. — *Dessin pittoresque*, 94.

DESSINER. — DESSINATEUR. — On dit d'un peintre qu'il *dessine* bien, qu'il est bon *dessinateur*, non-seulement quand son trait est pur, correct et vrai, mais quand la manière dont il *dessine* prouve qu'il connaît bien les formes, qu'il saisit bien les mouvemens, et qu'il exprime avec force les sentimens de l'âme et la beauté. Dans ce sens, Raphael est un dessinateur incomparable.

DÉTREMPE, 90.

DEVANS. — On appelle ainsi les objets qui garnissent et qui forment les premiers plans d'un tableau.

DIORAMA (Composé de deux mots grecs qui signifient voir à travers). — On a donné le nom de *Diorama* à une espèce de tableau dont la peinture est en partie opaque et en partie transparente, et sur l'ensemble de laquelle on dirige les rayons d'une lumière naturelle et directe. L'appareil qui sert de cadre à ce genre de tableau est ce qui le distingue particulièrement des autres. La rotonde où sont admis les spectateurs est toujours voilée d'une douce obscurité. L'ouverture par laquelle le tableau s'aperçoit est fort épaisse, et l'éloignement et la hauteur de l'œil de celui qui regarde, relativement au tableau qu'il voit, sont invariablement fixés d'après les lois de l'optique. — On a essayé de joindre, dans le Diorama l'illusion du mouvement à celle de la perspective et de la couleur. Au moyen d'un mécanisme particulier, on est parvenu à donner un balancement aux eaux de la mer ou d'un ruisseau, à faire rouler les flammes et la fumée d'un incendie, etc. Le tableau en diorama peut être considéré comme une optique plus grande, mieux préparée, et où l'illusion matérielle est très-forte. MM. Bouton et Daguerre sont les deux artistes qui sont les inventeurs de ce perfectionnement ingénieux. Les tableaux qui ont eu le plus de succès sont ceux qui représentent des intérieurs d'édifices.

DRAPER. — DRAPERIE. — Par ce dernier mot on n'entend parler que des vêtemens larges, flottans et qui forment des plis amples, déterminés ordinairement par le poids de l'étoffe. Ainsi, dans le langage des artistes, toute tenture clouée,

disposée artificiellement, tout vêtement serré même n'est pas désigné comme *draperie*. Les vêtemens des nations de l'Asie, et particulièrement ceux des anciens Grecs et des Romains : tels sont ceux, quand on les représente en sculpture et en peinture, que l'on désigne par le nom générique de draperie. —*Draper* est l'art de disposer, d'agencer les *draperies* par rapport à elles-mêmes et par rapport à la composition dont elles font partie. Ce qui a engagé les artistes à se servir des mots *draperie* et *draper*, c'est la différence réelle qui existe entre le système des plis d'un vêtement large avec ceux des habits serrés sur le corps, tels qu'on les porte dans les pays froids et en Europe. Il y a de l'art à ajuster le jet variable d'un manteau ou d'une tunique ; les plis d'un habit serré reproduisent toujours les mêmes accidens : aussi le peintre n'invente-t-il rien, il ne fait que copier.

E

ÉBAUCHE. — ÉBAUCHER. — Quand le trait d'un tableau est arrêté, si on ne le peint pas au premier coup (*V.* Coup), on fait une peinture préparatoire à laquelle on donne le nom d'*ébauche*, et sur laquelle on repeint une seconde ou plusieurs autres fois. Il y a différentes manières d'ébaucher. Les peintres florentins et romains avaient coutume, leur trait étant bien arrêté d'après leurs cartons, de laisser toutes les parties éclairées intactes, et d'indiquer légèrement les plus fortes demi-teintes et les ombres avec une seule couleur brune. Lorsque cette préparation ou *ébauche* était bien sèche, ils peignaient dessus pour colorier et terminer le tableau. On *ébauche* encore en indiquant très-légèrement le modelé et le coloris, auxquels on donne toute leur force en les repeignant une seconde fois. — Les peintres vénitiens peignaient quelquefois leur *ébauche* en grisaille, et ils y ajoutaient le coloris par le moyen de couleurs glacées et frottées. (*V.* Glacis, Frottis.) Enfin les Vénitiens faisaient quelquefois leurs *ébauches* en détrempe, et repeignaient à l'huile par-

dessus. Cette pratique est très-bonne pour la conservation du coloris. — Les *ébauches* des grands maîtres sont fort recherchées, parce qu'on espère y surprendre les secrets de l'art.

ÉCHAMPIR. — RECHAMPIR. — C'est proprement peindre le champ, le fond d'un tableau, sur lequel les objets se détachent. Cependant ce mot exprime aussi une opération difficile de la peinture. Par exemple, lorsqu'une figure ou un arbre sont entièrement terminés, si l'on s'aperçoit que le fond ou le ciel sur lequel ces objets se détachent ne sont pas bien à leur place et qu'il faille les repeindre, on appelle ce travail *rechampir*.

ÉCHO *de lumière*. — On appelle ainsi les clairs distribués dans une composition et au moyen desquels on ramène l'œil vers la masse de lumière principale.

ÉCOLE *de peinture*. — *V.* l'*Introd.*

ÉCORCHÉ. — Figure de ronde bosse faite pour faciliter l'étude de la myologie. Dans ces statues abstraites, on suppose le sujet vivant et tous ses muscles dépouillés. Le plus ancien de ces *écorchés* est celui que l'on attribue à Michel-Ange. Celui dont on se sert aujourd'hui dans les écoles est de M. Houdon, statuaire. C'est avec la plus grande réserve que l'on doit se servir des *écorchés* pour apprendre la myologie.

EFFET, 165; — *de lumière*; — *de couleur*. — Un tableau peut présenter une dégradation vraie de la lumière, et alors il est bien *modelé*. Si les teintes sont justes, la couleur est vraie. Mais ce qui constitue l'*effet* d'un tableau, c'est quand la vérité est employée avec art, soit par la disposition des clairs et des ombres, soit par le choix des tons de couleur.

ÉMAIL (Peinture sur), 95.

EMBOIRE. — EMBU. — Quand on a peint à l'huile, si l'on n'attend pas que cette première couche soit parfaitement sèche, l'huile de la seconde couche est *embue* par la première, et la couleur devient mate et grisâtre. Cet effet, nommé *embu*, ne cesse d'avoir lieu que quand on passe un

vernis sur la peinture. Cependant, lorsque l'on est obligé de retoucher et que l'*embu* ne permet pas d'apprécier au juste le ton de couleur, on le frotte avec de l'ognon pour lui rendre son éclat et retoucher à coup sûr.

EMPATEMENT. — EMPATER, 78.

ENCAUSTIQUE (Peinture). — Le procédé de ce genre de peinture tel que le connaissaient les anciens est totalement perdu. On pense que la cire était la matière qui servait de lien aux couleurs dont on ne pouvait faire usage qu'en les approchant du feu. Le comte de Caylus et Bachelier, peintre du siècle dernier, ont fait des recherches sur l'encaustique. De nos jours, M. de Castellane les a renouvelées, ainsi que M. Paillot de Montabert. Ce dernier, qui a exécuté plusieurs tableaux à la cire, a obtenu des résultats qui auraient mérité d'être encouragés.

ENCOLLER. — ENCOLLAGE. — Préparation de colle que l'on étend sur les toiles ou du papier pour peindre à la détrempe ou à l'huile.

ENDUIT. — Pour la fresque, 87.

ENLUMINURE. *Voy.* LAVIS, 92.

ENSEMBLE. — Mettre une figure *ensemble*, c'est tracer légèrement avec un crayon les lignes principales du mouvement d'une figure et le rapport des parties au tout.

ESQUISSE. — C'est le travail léger au moyen duquel on met *ensemble* (voy. ENSEMBLE). On donne aussi le nom d'*esquisse* à un dessin ou à une peinture promptement faits, et où l'on consigne la première idée d'une composition, d'un tableau. Dans l'*esquisse* dessinée, on ne s'occupe que de la direction des lignes principales et des grandes masses de clair et d'ombre. Dans l'*esquisse peinte*, on détermine de plus le choix des tons de couleurs. L'*esquisse* se fait ordinairement sur des proportions beaucoup moins grandes que celles du tableau.

ESTHÉTIQUE. — C'est une exposition philosophique et logique de l'impression que causent les productions des arts,

et de laquelle exposition on extrait la théorie et les règles des beaux-arts.

ESTOMPE. — Ce que c'est, et son usage, 48.

EXPRESSION. — Se combine avec tous les mouvemens, et est particulièrement rendue sensible par le *geste*, 106.

F

FIGURE. — On désigne par ce mot, dans le langage des arts, la représentation de l'ensemble du corps de l'homme. On dit *figure entière, demi-figure :* dans ce dernier cas, on veut désigner une figure sculptée ou peinte jusqu'à la ceinture seulement.

FIGURINE. — Diminutif de *figure*. On donne ce nom aux figures d'un tableau, quand elles sont de très-petite dimension.

FLOU. — Expression dont les peintres du siècle passé faisaient usage pour dire qu'une peinture était bien ou mal, assez ou trop *fondue :* ceci est trop *flou* ou pas assez *flou*, disait-on.

FOND. — Le fond d'un tableau est le champ sur lequel les figures se détachent. Par extension, on dit un *fond d'architecture, de paysage*, etc., quand, en effet, le champ du tableau est occupé en tout ou en partie par des monumens, des arbres, des champs ou la mer.

FORMES. — Leurs attributs, 99.

FRESQUE, 87.

FROTTIS. *Voy.* GLACIS, 78 et 83. — Le frottis n'est, à proprement parler, qu'un glacis fait sur une surface moins grande, et dont on est obligé de modifier à chaque coup de pinceau l'intensité, pour observer le modelé et le coloris.

G

GALBE. — Ce mot est employé pour exprimer la forme géométrale d'un vase : ce vase est d'un beau *galbe*, veut dire que la courbure de ses formes géométrales est belle, et que vraisemblablement leur apparence en perspective ne

le sera pas moins. — Les statuaires se servent du mot *galbe* dans le même sens, eu égard à la figure humaine; ils disent : cette tête, cette jambe est d'un beau *galbe*. Les peintres s'en servent également, et en y attachant le même sens.

GAMME. — Mot technique emprunté de la musique, et appliqué par les peintres à la dégradation des tons de couleurs comparées entre elles ou à chaque couleur en particulier, mais soumises à la dégradation de la lumière. — Dans le premier sens, le mot *gamme* s'emploie pour exprimer le choix, l'ordre et la succession bons ou mauvais, forts ou faibles, des différens tons de couleurs qui entrent dans la composition d'un tableau. Dans ce cas, le mot *diapazon* serait préférable à celui de *gamme*.—*Gamme*, dans le second sens, se dit des nuances des teintes différentes et successives qui appartiennent à une même couleur, depuis son point le plus éclairé jusqu'au plus obscur. (*Voy.* Teinte.)

GENRE. — Par ce mot on désigne, 1° l'espèce du tableau: 2° la manière des peintres d'un siècle ou d'un pays; 3° et enfin la manière propre à un artiste en particulier.—On distingue trois *genres* de peintures : 1° la *peinture d'histoire*, qui a pour objet principal la représentation de l'homme considéré dans l'ensemble de ses facultés. Le domaine du peintre d'histoire s'étend depuis le portrait inclusivement jusqu'à la représentation des êtres idéalisés. 2° La *peinture de genre*, proprement dite; elle présente l'homme sous le point de vue de la vérité, du comique, du ridicule, du grotesque, et enfin de la caricature ; elle s'élève jusqu'au portrait; sa limite inférieure est la *bambochade*. 3° La *peinture de paysage*, que l'on subdivise en *paysage historique* et en *paysage champêtre* ou de *genre*. — Quant aux peintres qui, dans tous les pays, se sont voués à ne représenter que des édifices, des intérieurs, des fleurs, des instrumens, etc., on les appelle en bloc *peintres de genre*, chacun de ces *genres* étant distingué naturellement par l'objet représenté, et il serait aussi difficile que superflu de chercher à les classer. — On pourrait faire un genre à part de la *peinture des ani-*

maux, si plusieurs habiles peintres d'histoire, tels que Rubens et Schneder, par exemple, n'avaient pas prouvé que les études que l'on fait pour représenter habituellement l'homme ne conduisaient pas également à bien peindre les animaux. — Quant au mot *genre*, indiquant la manière d'une école ou de tel peintre, il sert ordinairement à désigner les tableaux faits à l'imitation de ceux de quelque grande école ou de quelque grand maître : tableau dans le *genre florentin, Raphaelesque, Poussinesque, flamand, hollandais*, etc.

GÉOMÉTRAL (Dessin.) *V.* Dessin, 32.

GLACIS, 85.

GOUACHE. — GOUASSE. — 90.

GOUT. — Le *goût* en peinture ne s'acquiert pas, mais il se perfectionne par la comparaison que l'on fait des bons ouvrages, et surtout par l'étude approfondie de la nature considérée dans tous ses accidens.

GRANDIOSE. — Se dit d'une peinture grande par le choix des proportions, abstraction faite de la dimension. La composition du *petit* tableau de Pyrrhus par le Poussin est *grandiose :* l'immense tableau de St.-Gervais et St.-Protais, par Philippe de Champagne, n'est que *grand.*

GRATICULER. — Mettre aux carreaux. *V.* Carreaux.

GRISAILLE. — Peinture en clair-obscur. (*V.* Clair-obscur.) On entend communément par ce mot une peinture par laquelle on a cherché à imiter des bas-reliefs en plâtre ou en marbre, avec tous les accidens de la lumière. A la Bourse de Paris, il y a de fort belles grisailles de M. Abel de Pujol.

GROTESQUE. — Lorsque l'on découvrit à Rome, dans des espèces de grottes, les peintures des bains de Titus et du tombeau des Nasons, on appela ces tableaux *grotesques* ou de grotte. Comme elles se composaient d'ornemens ajustés avec des figures, ainsi que les *arabesques*, tous ces adjectifs devinrent synonymes. — Depuis on a ajouté un sens nouveau

à ce mot : *grotesque* veut dire aussi *bouffon*, *bizarre*, *laid* même.

GROUPE. — On appelle ainsi en peinture l'assemblage de deux ou de plusieurs figures, liées entre elles par leurs mouvemens et soumises à la même lumière. Plus une composition a d'étendue et de détails, plus il est nécessaire de distinguer les groupes, afin d'éviter la confusion des lignes et des lumières.

H

HACHURE. — HACHER. — Faire des hachures, 47.

HARMONIE, 175.

HORIZON. — En peinture, il n'est question que de l'*horizon fictif*, c'est-à-dire la ligne qui le figure sur le tableau et qui est déterminée par le dernier plan visible de la terre se détachant sur le ciel. Le degré d'élévation auquel il convient de mettre l'*horizon fictif* dans un tableau, demande à la fois de l'expérience et du goût.

HORIZONTALE (Ligne). — Toute ligne qui est parallèle à l'horizon.

HUILE (Peinture à l'), 90.

I

IDÉAL, 76.

ILLUSION. — L'effet de la peinture est fondé sur l'illusion, puisqu'on s'y propose de rendre l'apparence des objets, et non pas leurs formes réelles. On produit avec la peinture deux espèces d'*illusions :* l'une qui s'empare des sens, l'autre qui frappe l'imagination. C'est ordinairement par cette dernière que les premiers artistes d'une nation qui se civilise commencent à agir sur les spectateurs. Les vases peints (dits étrusques), les statues grecques d'un ancien style, et les ouvrages d'art du moyen âge s'emparent surtout de l'esprit et font illusion à l'imagination.

La perfection et l'abus même de l'imitation, auxquels on ne parvient que plus tard, font naître plus particulièrement les

illusions des sens. Quand cette disposition domine dans peinture, l'art sort de ses limites. Le point auquel il fa tendre, et dont ne se sont point écartés les grands maître c'est de faire servir l'illusion des sens à entretenir celle « l'imagination.

IMAGE. — On appelle ainsi des gravures grossières, enlum nées sans art. Lorsqu'un tableau est faible dans toutes s parties, on dit pour le déprécier : c'est une véritable *image*

IMITATION. Son objet, p. 31,

INTENSITÉ, — *de ton*, — *de couleur*, — veut dire le degré d force d'un ton ou d'une couleur.

J

JOURS, CLAIRS. — Par ces mots on désigne en peintur les parties les plus éclairées d'un tableau.

L

LAVIS (Dessin au), p. 92.

LÉCHÉ. — Le *léché* est la recherche dans le fini.

LIGNE, 102.

LINÉAIRE (Dessin), 32.

LINÉAIRE (Perspective). *V.* PERSPECTIVE.

LUMIÈRE. — Par ce mot on exprime la partie ou les parties les plus éclairées d'un tableau.

M

MAIN. — Avoir *de la main*. — Être habile de la main dans ce qui concerne l'exécution de la peinture.

MAITRE. — Les *maîtres*. — Un maître est un peintre qui par le mérite de ses ouvrages et par l'excellence de sa doctrine s'est acquis le droit de tenir école et d'enseigner son art. En disant les *maîtres*, on désigne les grands peintres morts dont les ouvrages sont restés célèbres.

MANIÈRE. — L'ensemble des habitudes que prend un peintre pour exécuter ses ouvrages lui donne à la longue

une *manière*. La manière est pour le travail manuel ce que la doctrine est pour l'invention et la composition. Elle résulte de certaines règles que font découvrir l'expérience et la pratique. — Une méthode trop arrêtée, des procédés qui dégénèrent en recettes rendent la *manière* un défaut insupportable

MANNEQUIN. — Grande poupée à ressort dont les peintres se servent pour étudier le jet des draperies et les copier plus à l'aise. Le mannequin est un meuble d'atelier indispensable, mais dont on doit se servir avec goût et beaucoup de circonspection.

MAQUETTE. — C'est l'esquisse d'un sculpteur, l'idée première d'un bas-relief ou d'une figure. Les *maquettes* se font en terre ou en cire. Les peintres font aussi des *maquettes*. Ce sont également de petites figures légèrement ébauchées en terre ou en cire que l'on dispose dans le mouvement et à chaque plan où doivent être les personnages du tableau. Au moyen de cette scène en relief exposée à un jour donné, le peintre juge de la disposition de la lumière, de la projection des ombres et enfin de l'effet de son tableau.

MARINE. — Tableau où l'on représente la mer, ses côtes et les occupations des navigateurs. Ce genre rentre dans celui de la *peinture de paysage*.

MASSE.—On dit *masse* d'arbres, *masse* de rochers, *masse* de nuages pour exprimer que l'agglomération de ces objets est assez imposante pour occuper l'œil dans un tableau.—On entend par *masse* de *clair* et d'*ombre*, les surfaces que présentent les objets et les figures groupées de telle sorte que la lumière se dispense largement dessus ou qu'il en résulte de grandes parties d'ombre. L'art de grouper les figures pour produire et varier les grandes *masses* d'un tableau est une des difficultés les plus grandes à surmonter quand on veut les concilier avec la vérité.

MÉPLAT.—Dans les formes humaines et animales, rien n'est absolument rond ni plat. On désigne donc les courbes du

contour par le mot de *méplat*, pour indiquer les formes que l'on ne saurait décrire, et que la science ne saurait caractériser.

MÉTIER. — On dit d'un peintre qu'il a du *métier*, quand il est très-versé dans tous les moyens pratiques de son art. Ce peintre n'a que du *métier*, phrase par laquelle on veut faire entendre qu'un artiste ignore complètement la théorie de son art et l'exerce grossièrement.

MINIATURE, 96.

MODÈLE. — Tout objet d'après lequel on copie. — Ouvrage d'art que l'on propose pour règle de goût et pour objet d'étude. On donne aussi ce nom aux hommes, aux femmes ou enfans qui font métier de poser dans les ateliers de peinture moyennant un prix convenu.

MODELÉ, 49 et 109.

MONOCHROME. — Peinture d'une seule couleur, 67.

MORBIDESSE. — Se dit de la douceur, de la souplesse des chairs, et par extension du nu quand il est bien peint dans un tableau.

MOUVEMENS, 106.

MUSÉE. — Nom donné aux galeries où l'on rassemble les objets d'arts pour les montrer au public. La multiplication des musées ou galeries a toujours lieu quand les statues et les tableaux n'ont plus de destination précise.

N

NATUREL. — Mot dont on abuse constamment en parlant des objets d'art. En peinture, on ne fait pas toujours naturel en copiant ce que l'on voit, mais en donnant à chaque objet ou à chaque être les formes, le mouvement, la couleur et l'expression qui sont en harmonie avec leur nature et qui en résultent nécessairement.

NÉORAMA. — Espèce de peinture du genre de celle en panorama (*V.* PANORAMA).

NU. — Les artistes désignent par ce mot les parties d'une figure

sur lesquelles il n'y a pas de vêtement. Les peintres grecs et les Italiens du seizième siècle regardaient l'étude et l'imitation du *nu*, comme l'un des objets particuliers de la peinture. David, de nos jours, a remis ce système en honneur.

NUANCE. — C'est le passage d'un degré d'intensité à un autre dans la même couleur.

NUDITÉ. —Ce mot, qui entraîne avec lui l'idée d'une indécence, justifie l'emploi du mot *nu*. (*V*. Nu.)

O

OMBRE. — Privation de lumière, 52. — *Ombre portée*, 53.

OR-COULEUR. — On donne ce nom au mordant dont on fait usage pour dessiner les ornemens sur lesquels on applique l'or en feuilles.

P

PALETTE. — Petite planche sur laquelle on dispose les matières colorantes dont on fait des teintes pour peindre, 74.

PANNEAU. — On appelle *panneau* un assemblage d'ais de bois recouvert d'une impression de couleur à l'huile sur laquelle on peint.

PANORAMA. — Peinture exécutée sur la surface intérieure d'une rotonde, en sorte que le spectateur étant placé au centre, peut parcourir de l'œil toute la ligne de son horizon.

La continuité de la ligne apparente de l'horizon est ce qui distingue essentiellement le tableau en *panorama* du tableau encadré. Dans ce dernier on ne voit que la portion de la ligne horizontale comprise dans l'angle de vision, et il n'y a jamais qu'un point de vue.

Sur le *panorama*, dont la surface est circulaire, on opère d'angle de vision en angle de vision, et par conséquent de point de vue en point de vue. A mesure que le spectateur promène son regard d'un côté vers l'autre, son œil, au moyen de la multiplication des points de vue, se soumet successivement aux phénomènes optiques qui appartien-

nent à chaque angle de vision. — L'appareil au moyen duquel on éclaire les tableaux en *panorama*, donne encore une apparence particulière à ces tableaux. Le spectateur, placé au centre de la rotonde, a au-dessus de sa tête un énorme parasol dont l'ombre fait d'autant plus ressortir l'éclat de la peinture, qu'elle est éclairée par des fenêtres pratiquées hors de la vue, et au-dessus du parasol. Pour augmenter l'illusion, on a soin de perdre le haut et le bas du tableau derrière les objets qui servent de tribune et de couverture au spectateur. — L'invention des panoramas est attribuée aux Anglais. Prévot, peintre français, est l'artiste qui, après avoir perfectionné cette invention en France vers 1804, l'a rendue populaire dans toute l'Europe. On représente ordinairement en panorama la vue d'un pays, d'une rade, d'un port, d'une ville et même d'une bataille, prise du sommet d'un édifice élevé. — En 1827, on a fait une application nouvelle de la peinture en *panorama*. On a exposé la vue en NÉORAMA de l'intérieur de Saint-Pierre de Rome, prise du milieu de cette basilique. M. Allaux, auteur de cet ouvrage, place le spectateur sur une estrade au centre de l'édifice dont il parcourt successivement toutes les parties en faisant un tour sur lui-même. Le néorama est une application nouvelle des tableaux circulaires, qui peut recevoir encore des améliorations et des perfectionnemens très-heureux.

PANTOGRAPHE. — Instrument au moyen duquel on réduit ou l'on augmente la copie d'un dessin. On donne aussi le nom de *singe* à cet outil, auquel jusqu'à présent on n'a pu donner un grand degré de perfection. Sa construction est basée sur cette proposition de géométrie : que tous les angles dont les sommets sont opposés sont égaux.

PASTEL. — Peinture qui s'exécute avec des crayons tendres de couleurs variées. Ces crayons se nomment *pastels*, et donnent le nom à ce genre de peinture peu solide, peu en usage et très-peu avantageux.

PASTICHE. —Le pastiche est une imitation de diverses por-

tions de tableaux célèbres dont on fait un tout. Le pastiche est en peinture précisément ce que le *centon* est en poésie. On ne pardonne le pastiche qu'aux jeunes élèves encore tout pleins de l'idée des maîtres qu'ils ont étudiés. — On appelle aussi *pastiche* des imitations de tableaux de maîtres faites à dessein pour tromper les amateurs et les curieux. Téniers était fort habile à faire des *pastiches* de cette dernière espèce.

PAYSAGE. — *V.* Introduction.

PEINTURE. — Son histoire abrégée, 1. — Son but. — Ses moyens. — *A fresque*, 87. — *A la Gouache, en détrempe*, 90. — *A l'huile*, 90. — *Au lavis*, 91. — *A l'aquarelle*, 92. — *Sur verre*, 93. — *Porcelaine, émail*, 95. — *En miniature*, 96. — *Sur bois, pierres, métaux, étoffes*, etc. 96.

PENDANT. — C'est un tableau dont la dimension du cadre, la proportion des figures et la nature du sujet sont dans des rapports exacts ou au moins analogues avec celles d'un autre tableau. Les tableaux *pendans* sont faits pour être placés symétriquement et en regard. Quand un peintre a des *pendans* à faire, il est à propos qu'il les compose d'un seul jet, car il est rare qu'un *pendant* fait après coup vaille le tableau auprès duquel il doit être placé.

PÉNOMBRE. — La pénombre est le passage de l'ombre au clair sur une surface plane. Il ne faut pas confondre la *pénombre* avec la demi-teinte. Cette dernière n'a lieu que sur les surfaces courbes.

PERSPECTIVE, 42. — Art de représenter l'apparence des objets selon leur position et leur éloignement. On distingue la *perspective linéaire* de la *perspective aérienne*. La première est soumise aux lois invariables de l'optique et se démontre mathématiquement ; la seconde, qui tient beaucoup plus de l'art que de la science, et qui n'est pas susceptible d'être rigoureusement démontrée, dépend de l'observation des phénomènes atmosphériques. On ne craint pas d'avouer que l'on ignore la *perspective linéaire*, dont on peut apprendre les règles en un mois, et il n'est personne qui n'ait la pré-

tention de se connaître à la *perspective aérienne*, pour l'étude de laquelle la vie longue d'un homme instruit et bon observateur suffirait à peine.

PINCEAU. — Outil fait avec le poil de certains animaux, et emmanché dans un tuyau de plume. Le *pinceau* sert à peindre au lavis, à l'aquarelle et à l'huile. Il est de quelque importance d'établir la différence qui existe entre le *pinceau* et la *brosse* (V. BROSSE), soit dans leur nature, soit dans leur emploi. Les poils du *pinceau* sont flexibles et forment la pointe; les soies de la brosse font ressort et tendent à diverger de leur point d'attache. Dans l'exécution des genres de peinture où l'on procède par empâtement, comme la fresque, l'huile, la détrempe et la gouache, on se sert en général de la brosse. Pour peindre avec des couleurs liquides et transparentes, on fait usage du pinceau. L'aquarelle, en particulier, ne se peint qu'au pinceau. On se sert aussi de ce dernier instrument quand on peint à l'huile, mais beaucoup plus rarement depuis que l'école des Carraches a introduit l'usage de peindre tout par empâtement.

PITTORESQUE. — On fait quelquefois un substantif de ce mot : il y a du *pittoresque* dans ce tableau. On entend surtout par là que la dégradation de la lumière est artistement disposée, et que le choix des couleurs est piquant.

PLAFOND. — Peinture sur *plafond*. On donne indifféremment ce nom à tous les tableaux exécutés sur les superficies plates et courbes, et sur celles circulaires, comme les coupoles. Depuis le Corrége, on appelle plus particulièrement peinture, composition de *plafond*, les tableaux où les personnages sont censés représentés dans la position verticale, mais vus de bas en haut. C'est de l'usage de ces compositions présentées en raccourcis qu'est venu le mot *plafonner*.

PLAFONNER. — On dit des objets ou des personnages peints sur un plafond et vus de bas en haut qu'ils *plafonnent* bien, quand les raccourcis et tous les effets de la perspective linéaire sont bien observés.

PLAN. — Le changement continuel des formes humaines détermine une foule de *plans* dont les rapports varient sans cesse. Ainsi, par exemple, si l'on considère l'ensemble de la face comme formant un plan, et les épaules en formant un autre, il est évident que, par la mobilité du cou qui sert d'intermédiaire à ces deux parties, le *plan* de la face sera rarement parallèle avec celui des épaules. Lorsqu'un statuaire, par l'imitation des formes, et un peintre, par leur apparence imitée, établissent bien le rapport des différens *plans*, cela s'appelle, dans le langage des arts, *mettre une figure sur ses plans*. C'est la qualité éminente des peintres que l'on désigne particulièrement comme *dessinateurs ;* c'est celle de Raphael, par exemple. — On appelle aussi premier, deuxième, troisième, etc. plan d'un tableau, les différentes lignes parallèles à la bordure, s'enfonçant vers l'horizon, et sur lesquelles sont placés les objets et les figures qui entrent dans une composition. Les derniers *plans*, les *plans* du fond sont ceux qui se rapprochent davantage de l'horizon.

POINT DE VUE. — Le point de vue naturel est celui qui correspondrait, par une ligne droite et perpendiculaire à l'horizon et au tableau, de l'horizon visible à l'œil de celui qui regarde. — Le point de vue artificiel est celui qui serait déterminé par le passage de la ligne ci-dessus désignée à travers le tableau que l'on suppose transparent. — On appelle encore *point de vue* une scène, une portion de paysage, d'édifice, etc., qui est comprise dans le cercle de vision et dont l'aspect a quelque chose de remarquable, soit par la disposition des signes, soit pour l'effet de la lumière et des couleurs.

POLYCHROME (Peinture, peintre). — De plusieurs couleurs, qui se sert de plusieurs couleurs.

PONCE. — PONCER. — PONCIS. — La *ponce* est une poudre de braise ou de crayon pilé avec laquelle on *ponce* (*V.* p. 88). Le *poncis* ou *ponsif* est le dessin dont le trait piqué sert à *poncer*. — Figurément les artistes disent des ouvrages de leurs confrères qui ont peu d'invention et qui imi-

tent servilement, qu'ils travaillent avec un *pensif*. Par corruption on dit même, en ce sens, *faire ponsif*.

PONDÉRATION — du corps humain, 139.

PORCELAINE (Peinture sur), 95.

PORTRAIT. *V.* GENRE.

POSE. — POSER. — L'attitude donnée à un personnage dans un tableau. On *pose* un modèle, pour exprimer, en se servant de la nature, une attitude, un geste, une expression. Le mot *pose* se prend quelquefois en mauvaise part; on dit : ces attitudes ne sont que des *poses* académiques.

PRATICIEN. —PRATIQUE. — Un *praticien* en peinture est un peintre qui, étranger à la théorie de son art, n'a appris et n'exerce la peinture que de *pratique* et de routine.

PROFIL. — C'est le contour que présente un objet vu de côté. En peinture, ce mot s'applique surtout à la tête humaine.

PROPORTIONS, 118.

R

RACCOURCI. — C'est la diminution perspective de tout objet vu d'un point déterminé. Cependant on entend plus particulièrement par *raccourci* la diminution perspective des corps irréguliers aperçus par le côté où leur dimension est la moins grande, comme un bras, une jambe, tout le corps d'un homme vus en *raccourci*. Dans un tableau, il est impossible d'éviter tous les *raccourcis*, mais on doit bien se garder de les rechercher, car ce sont ordinairement des énigmes pour l'œil. Quand il s'en présente dans la nature, l'instinct de celui qui regarde, le fait se détourner pour aller chercher le profil et reconnaître la forme de l'objet qui s'était d'abord présenté en *raccourci*.

REFLET, 47.

REHAUSSER.—REHAUT. — On *rehausse* les clairs d'un dessin avec du crayon blanc; ceux d'un tableau, avec des couleurs claires et éclatantes; ceux des ornemens, quelquefois avec de l'or ou de l'argent. Ces lumières vives, mises en

dernier lieu et quand l'ouvrage est presque terminé, se nomment *rehauts*, 48.

RELIEF. — On appelle relief, en peinture, l'imitation exacte, par le moyen du dessin, du modelé et de la couleur, de tout objet saillant sur une superficie plane.

REPEINT. — On nomme ainsi la trace et souvent la tache que laisse la peinture fraîche appliquée sur une première couche déjà bien sèche. Quand on retouche, il est bien difficile que l'on n'aperçoive pas les *repeints*. Cette opération laisse des traces d'autant plus visibles, que le tableau sur lequel on *repeint* est plus vieux.

REPENTIR. — Lorsque l'on dessine et que l'on peint un tableau, l'artiste est fréquemment obligé de retoucher son ouvrage et d'en changer les dispositions partielles. Lorsque l'on repeint sur ce premier travail et que la trace en reparaît quand l'ouvrage est terminé, on appelle cette apparence *repentir*. On regarde avec beaucoup de curiosité et d'intérêt quelques *repentirs* qui se trouvent sur les tableaux des grands maîtres.

REPÈRE. — REPÉRER. — Lorsque l'on fait des marques pour assembler les diverses parties d'un dessin trop grand pour être fait sur une seule feuille, on *repère*, ou fait des *repères*, on indique des points de *repère*.

RETOUCHE. — RETOUCHER. — Une des opérations les plus indispensables et les plus difficiles de la peinture à l'huile. Du moment qu'une peinture a commencé à sécher et que l'on veut retravailler dessus, il y a un *repeint* (*V.* REPEINT), et il en résulte une tache. On a cherché beaucoup de moyens pour obvier à cet inconvénient. On se sert communément de celui-ci, qui est le plus simple : on frotte, avec un linge fin imbibé d'huile clarifiée, la partie du tableau où l'on veut repeindre, ayant soin d'agiter le linge assez long-temps pour que l'huile pénètre et que le frottement échauffe l'ancienne peinture. Cette précaution prise, on peut repeindre en faisant attention de *raccorder* les couleurs fraîches avec les anciennes.

RESSEMBLANCE. — Apparence de l'identité entre un obje et la copie.

ROMANTIQUE. — Mot emprunté à la langue anglaise, où il veut dire *sauvage*, *inculte*, *romanesque*, *faux*. — On ne sait pas encore au juste ce que l'on entend à présent par la *peinture romantique*. Toutefois, par l'inspection comparative des ouvrages faits par les artistes dits *romantiques*, on peut juger que, dans leur théorie, le coloris et l'effet sont placés en première ligne parmi les moyens d'imiter et d'agir sur les spectateurs, tandis que l'expression des formes est négligée comme un accessoire presque insignifiant. En conséquence de ce système, les *romantiques* repoussent l'étude de la perspective, du dessin, de l'anatomie et du modelé, comme conduisant à des résultats trop mathématiques et contrariant la marche, l'essor du génie. On peut considérer les peintres *romantiques* comme une secte d'artistes *spiritualistes* qui oublient que, sans la connaissance des modifications de la matière, il est bien difficile d'exceller dans un art d'imitation. Les épithètes de *romantique* ou de *classique* que se donnent les peintres ne sont pas précisément des complimens. *V.* CLASSIQUE.

ROMPRE — *un ton*, — *une couleur*, — *une teinte*. — C'est modifier, en les atténuant, ces trois choses.

S

SILHOUETTE, 109.

SINGE. *V.* PANTOGRAPHE.

SOURD. — *Ton sourd*, *couleur sourde*, se dit pour désigner un ton ou une couleur qui n'ont que peu ou point d'éclat.

STYLE. — Tournure, aspect particuliers sous lesquels un peintre développe et fixe ses pensées dans ses ouvrages. La manière résulte plus particulièrement de l'emploi des procédés matériels; le *style* naît de la disposition de l'ensemble et des parties de l'ouvrage, aussi bien que du mode d'execution. En peinture comme dans l'art oratoire, le style, eu

égard au sujet, doit être grand ou simple, doux ou terrible, etc.

Cependant on dit d'une manière absolue qu'un peintre ou son ouvrage ont du *style*, pour exprimer que l'artiste recherche le beau, et que ses ouvrages sont emprcints de cette qualité. On abuse souvent de cette expression, qui n'est déjà que trop vague.

SVELTE. — Se dit de l'homme, des animaux et même des plantes. Il veut dire que leurs proportions sont déliées, élégantes et légères.

SYMÉTRIE. — C'est le rapport naturel ou artificiel, mais exact, des parties à un tout. En d'autres termes, la symétrie est le résultat des proportions bien observées. Chez les anciens, ce mot, ainsi que celui *harmonie*, s'appliquait dans les arts aux objets où l'on voulait exprimer la beauté. On disait en particulier des ouvrages d'un statuaire ou d'un peintre, qu'ils avaient de la *symétrie*, pour faire entendre que les formes et leurs proportions, les mouvemens et l'expression d'une figure ou d'un tableau concouraient également bien à la fin que s'était proposée l'artiste. — Chez les modernes, le mot symétrie entraîne d'abord avec lui l'idée de la *régularité*, et même assez froide. En sorte que le plus grand éloge que l'on pût faire d'une peinture grecque, en disant qu'elle était symétrique, indiquerait chez nous un défaut. — Il y a cependant une différence entre la *symétrie* et la régularité. On serait tenté de croire que l'on ne reconnaît pour symétriques que les objets dont les milieux sont apparens et servent toujours de guide à l'œil pour juger de l'exactitude des rapports des parties avec le tout. Bien que le corps de l'homme se meuve de mille manières différentes, il n'y a point d'objet créé où la *symétrie* se manifeste d'une manière plus éclatante. L'ensemble du corps a un milieu, chaque partie en a également un, et, malgré la torsion la plus violente et les mouvemens les plus exagérés, les lois de la pondération ramènent, enchaînent toutes les parties au centre de gravité. C'est dans ce sens que les anciens entendaient la *symétrie*,

qui était pour eux le fait sensible qui s'approchait le plus de la beauté.

T

TABLEAU. — Toute superficie plane enfermée par une bordure, sur laquelle on représente un ou plusieurs objets réunis, en les soumettant aux règles de la perspective, du dessin, du modelé, du coloris, et ordinairement d'un sujet déterminé. Quoique l'on donne le nom de tableau à toute espèce de peinture dont le champ est limité par un encadrement, cependant on désigne plus particulièrement les tableaux peints sur toile, panneaux, etc., et qui sont isolés et transportables.

TALENT. — En peinture, c'est l'aptitude naturelle que l'on a pour cet art.

TECHNIQUE. — Qui appartient, qui ressortit, qui se rattache à l'art.

TEINTE. — Les peintres désignent en général par le mot *teinte* toute couleur qui n'est pas primitive et génératrice, et que l'on n'obtient au contraire que par le mélange de deux ou de plusieurs couleurs. Rigoureusement parlant, les peintres ne reconnaissent donc que trois couleurs : le jaune, le rouge et le bleu, qui, combinées avec le blanc et le noir, produisent toutes les teintes, toutes les nuances que présente la nature. — Dans la pratique, on donne le nom de *teintes* aux mélanges que l'on fait sur la palette avec les matières colorantes, et par le moyen desquels on exprime la dégradation de la lumière et des tons de couleur. — On dit encore qu'il règne sur un tableau une *teinte* triste ou gaie, suave ou éclatante, et qu'elle est bien ou mal en harmonie avec le sujet.

THÉATRAL (Pose, geste, expression, composition). — L'éloignement où la plupart des spectateurs sont rejetés au théâtre, force les acteurs à exagérer les attitudes qu'ils prennent et l'expression qu'ils manifestent. De là résultent en peu de temps de mauvaises habitudes théâtrales et une panto-

mime de convention. C'est l'imitation de ces habitudes maniérées que l'on reproche aux peintres, en disant que leur goût, les attitudes de leurs personnages et l'agencement de leurs compositions ont quelque chose de théâtral. C'est en effet un défaut insupportable.

THÉORIE. — La théorie comprend toute la partie spéculative de l'art appuyée sur les règles et les préceptes qui s'y rapportent.

TON — *de couleur*, — *local*, 79.

TORSE. — On désigne par ce mot, *Torso* italien, *Trognon*, le tronc d'une figure, abstraction faite de toutes les extrémités.

TOUCHE. — TOUCHER. — La touche résulte de la manière prompte ou lente, hardie ou timide dont on applique la couleur en peignant. — Depuis les Carraches, qui transmirent l'habitude d'empâter presque toujours en peignant, la *touche* des peintres est beaucoup plus sensible sur leurs ouvrages. Cette pratique dégénère même facilement en abus. Car, au lieu d'étudier les formes avec soin, on en indique plus ou moins spirituellement les inflexions par la hardiesse de la *touche*. C'est une chose très-dangereuse pour un jeune peintre que de se laisser aller à sa facilité, de manière à exprimer les objets par la *touche* avant de savoir les rendre en les étudiant scrupuleusement. C'est le grand défaut de la plupart des écoles modernes.

TRAIT. — TRACER. — Le trait est le contour dessiné et épuré sur un papier ou un tableau, avec le secours du crayon ou de la couleur.

V

VERNIS *à tableau*. — Composition de substances résineuses dissoutes dans l'esprit-de-vin. Cette mixtion, qui conserve sa transparence et prend une consistance solide en séchant, s'étend sur les tableaux peints à l'huile pour rendre aux couleurs leur éclat lorsqu'elles sont *embues* (Voy. EMBU),

et les préserver de l'injure de l'air. On ne doit vernir un tableau que quand les huiles sont évaporées, opération qui demande au moins trois ou quatre mois. Le défaut de cette dernière précaution causera la perte prochaine de beaucoup d'ouvrages faits de notre temps.

VITRE. — On appelle *vitre* le tableau sur lequel on opère pour tracer la perspective, parce qu'on le suppose transparent, et qu'en le plaçant entre l'objet copié et l'œil du copiste, l'apparence des formes vient s'y peindre. On dit indifféremment dans ce cas *vitre* ou *tableau*.

FIN DE LA PEINTURE.

CATALOGUE
DES OUVRAGES PUBLIÉS
FAISANT PARTIE DE
L'ENCYCLOPÉDIE PORTATIVE.

*Résumé complet d'*ASTRONOMIE, ou connaissance de la nature et des mouvemens des corps célestes; par *M. C. Bailly de Merlieux.* (2e édition.)—1 vol. orné d'un frontispice et de planches. 3 fr. 50 c.

Résumé complet de LA PHYSIQUE *des corps pondérables et impondérables; par MM. Babinet* et *C. Bailly de Merlieux.* (Ouvrage épuisé.) — 2 vol. 7 fr.

Résumé complet de CHIMIE INORGANIQUE ET ORGANIQUE, par *M. J.-J. Paupaille.*—2 vol. ornés de planches et de 2 frontispices. 7 fr.

*Résumé d'*HISTOIRE UNIVERSELLE. —*Première partie :* contenant les ETUDES HISTORIQUES. — *Deuxième partie :* contenant le tableau des ÉVÈNEMENS ET DES RÉVOLUTIONS : par *MM. F. de Brotonne* et *Ad. Laugier.*— 2 vol. ornés de 2 frontispices. 7 fr.

*Résumé complet d'*ARCHÉOLOGIE, par *M. Champollion Figeac.*— 2 vol. ornés de planches et de 2 frontispices. 7 fr.

Résumé complet de MORALE, par *M. V. Parisot.*—1 vol. orné d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

Résumé complet de MÉDECINE, ou de *Pathologie interne.* Par *M. Félix Vacquié.* — 1 vol. orné d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

Résumé complet de CHIRURGIE, ou de *Pathologie externe*, suivi de l'*Art des accouchemens;* par *M.A. P Meirieu*, D. M.P., etc.—1 vol. orné de planches et d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

Résumé complet de BOTANIQUE, contenant l'*Anatomie végétale* et la *Glossologie*, la *Taxonomie*, la *Physiologie* et la *Pathologie végétale* et la *Géographie botanique;* par *MM. J.-P. Lamouroux*, D. M. P., et *C. Bailly de Merlieux.*— 2 vol. ornés de planches et de 2 frontispices. 7 fr.

Résumé complet de PHYTOGRAPHIE, ou d'HISTOIRE NATURELLE DES PLANTES, par *M. J.-P. Lamouroux*, D. M. P.—2 vol. accompagnés d'un *Atlas séparé de* 108 *planches*, et ornés de 2 frontispices. 7 fr.

ICONOGRAPHIE DES FAMILLES VÉGÉTALES, ou *collection de figures*, des plantes servant de types aux familles; par *Mme. S. Lamouroux.*—2 cahiers formant un *Atlas de* 108 *planches, figures coloriées*, 14 fr., *fig. noires.* 7 fr.

Ces trois ouvrages forment un *Cours complet d'Histoire naturelle des plantes.*—Fig. col. 26 fr., fig. noires, 20 fr.

Aperçu historique sur les MOEURS ET COUTUMES *des nations ;* par *M. G.-B. Depping.* — 1 vol. orné d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

*Précis élémentaire d'*ÉCONOMIE POLITIQUE, par *M. Ad. Blanqui.* — 1 vol. orné d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

Tableau historique des **LITTÉRATURES** *anciennes et modernes*; par *M. Camille Turles.* — 1 vol. orné d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

*Anthropographie, ou résumé d'***ANATOMIE** *du corps humain*; par *M. Meyranx*, D. M. P. — 1 vol. orné de planches et d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

Résumé complet de la **PHYSIOLOGIE** *de l'homme*, par *M. Laurencet, de Lyon*, D. M. — 1 vol. orné d'un frontispice, 3 fr. 50 c.

Précis de **MINÉRALOGIE MODERNE**, par *M. J. Odolant Desnos*, — 2 vol. ornés de planches et de 2 frontispices. 7 fr.

Précis de **RHÉTORIQUE POSITIVE**, par *M. Ed. Choppin d'Arnouville.* — 1 vol. orné d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

*Précis d'***ÉLOQUENCE** *et d'Art oratoire*, par *M. V. Parisot.* — 1 vol. orné d'un frontispiee. 3 fr. 50 c.

*Résumé complet d'***HYGIÈNE PRIVÉE**, par *M. le docteur Meirieu*, revu par *M. le docteur Léon Simon.* 3 fr. 50 c.

Précis d'un traité de **PEINTURE**, par *M. Delécluze*, auteur des articles *Salons* du *Journal des Débats*, etc. — 1 vol. orné d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

Résumé complet de **MAMMALOGIE**, ou **HISTOIRE NATURELLE DES MAMMIFÈRES**; par *M. Meyranx.* — 1 vol. accompagné d'un *Atlas séparé de 48 planches*, et orné d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

ICONOGRAPHIE DES MAMMIFÈRES, ou *Collection de figures*, formant un *Atlas de 48 planches.* — *Figures color.* 7 fr., *fig. noires.* 3 fr. 50 c.

*Résumé complet d'***ERPÉTOLOGIE**, ou **HISTOIRE NATURELLE DES REPTILES**, *des Tortues*, etc.; par M. le colonel baron *Bory de Saint-Vincent.* — 1 vol. accompagné d'un *Atlas séparé de 52 planches*, et orné d'un frontispice. 3 fr. 50 c,

ICONOGRAPHIE DES REPTILES, ou *Collection de figures*, formant un *Atlas de 52 planches.* — *Fig. col.* 7 fr. *Noires.* 3 fr. 50 c.

*Résumé complet d'***ICHTHYOLOGIE**, ou **HISTOIRE NATURELLE DES POISSONS**, rédigé avec les conseils et l'assistance de *M. le baron Cuvier* et de *M. Valencieunes*, par *M. Ajasson de Grandsagne*, naturaliste. — 1 vol. accompagné d'un *Atlas de 50 planches*, et orné d'un frontispice.

ICONOGRAPHIE DES POISSONS, ou *Collection de figures*, formant un *Atlas de 50 planches.* — *Fig. col.* 7 fr. *Noires.* 3 fr. 50 c.

Résumé complet de **CHRONOLOGIE** *universelle*, par *M. Champollion-Figeac.* — 1 vol. orné de planches et d'un frontispice. 3 fr. 50 c,

Résumé complet de **MÉCANIQUE**, traduit de l'anglais du *docteur Thomas Young*; avec un appendice sur les nouvelles découvertes, par *M. Hachette.* — 1 vol. orne de planches et d'un frontispice. 3 fr. 50 c.

Un grand nombre d'autres Traités sont sous presse. Ils se trouvent au bureau de l'Encyclopédie portative, rue du Jardinet, n° 8.

Encyclopédie Portative.

—◈—

COLLECTION

DE

TRAITÉS ÉLÉMENTAIRES

SUR LES SCIENCES,

Les Arts, l'Histoire et les Belles-Lettres;

par messieurs

AUDOUIN, AJASSON DE GRANDSAGNE,
BLANQUI AINÉ,
BAILLY DE MERLIEUX, BORY DE SAINT-VINCENT,
CHAMPOLLION-FIGEAC,
FERDINAND DENIS, DEPPING, MILNE-EDWARDS,
HACHETTE, LÉON SIMON, MALEPEYRE,
ETC., ETC.

Scientia est amica omnibus.

Imprimerie de HENNUYER et TURPIN, rue Lemercier, 24.
Batignolles.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE MÉCANIQUE

ET DE LA

SCIENCE DES MACHINES,

PRÉCÉDÉ

d'une *Introduction Historique* de la Mécanique
et de l'Hydraulique,
ivi d'une *Biographie*, d'une *Bibliographie* et d'un
Vocabulaire.

Traduit
Anglais du *Cours de Physique et des Arts Mécaniques.*

PAR THOMAS YOUNG;

ec un Appendice sur l'écoulement des liquides, et une
Notice historique sur les Machines à vapeur.

PAR M. HACHETTE,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, etc.



PARIS

MAIRET ET FOURNIER, LIBRAIRES-ÉDITEURS,
RUE NEUVE-DES-PETITS-CHAMPS, 50.

1842.



TABLE
DES MATIÈRES.

DEUXIÈME PARTIE.

FIN DE LA TABLE.

AVERTISSEMENT.

La Mécanique est une science qui trouve son principal appui dans l'analyse mathématique, et qui a besoin du secours de la géométrie pour être complètement approfondie. La tâche que nous avions à remplir, d'après le but de la Collection dont cet ouvrage fait partie et la classe de lecteurs à laquelle il s'adresse, était donc bien difficile, puisqu'elle consistait à présenter d'une manière suffisamment exacte les principes et les lois de la mécanique, leurs résultats et leurs applications à la science des machines, dépouillés du langage mathématique et des formules géométriques.

Dans cette entreprise, la France ne nous offrait encore aucun guide; et, tout en louant la direction donnée à la composition des ouvrages de mécanique par leurs savans auteurs, ouvrages principalement destinés à ceux qui veulent marcher sur leurs traces, nous croyons pouvoir dire, cependant, que leur forme scientifique imposant au lecteur une trop forte contention d'esprit ou des études trop longues, cette circonstance n'a pas peu contribué à empêcher les notions mécaniques, si généralement utiles et applicables à tant d'arts, à tant de circonstances de la vie, de se populariser, de se répandre, de

sortir même de la classe des savans de profession. De là vient que des hommes, d'ailleurs très-instruits, partagent des erreurs ou des préjugés relativement aux forces, aux mouvemens, aux résistances que présentent les différens corps, comme dans l'appréciation des effets de toutes les machines, qui en sont la conséquence.

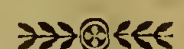
Le célèbre Thomas Young, auquel on doit en physique, surtout pour la théorie des vibrations de la lumière, de si belles découvertes, auteur d'un *Cours de physique et des arts mécaniques* (1), avait, par cet ouvrage, rempli pour la Mécanique comme pour toutes les autres matières dont il traite, la tâche qui nous était imposée; et sa réputation européenne nous donnait la conviction que ce serait doublement nous rendre utiles au public français que d'extraire de ses œuvres ce qui concerne la Mécanique proprement dite. Un juge très-compétent à cet égard, qui a bien voulu, dans cette circonstance, nous assister de ses conseils, n'ayant pas craint de comparer l'ouvrage de Young, pour la clarté et l'élévation avec laquelle il traite la Mécanique, à l'*Exposition du Système du monde* par l'illustre de Laplace, nous confirma pleinement dans notre opinion. Il restait à lever une difficulté : l'éten-

(1) *A course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts*; London, 1807, 2 vol. in-4°.

due donnée à la Mécanique et à ses diverses parties dans le Cours de T. Young, dépassait de beaucoup les limites que nous prescrivait notre cadre. En manifestant ici nos regrets de n'avoir pu donner une traduction textuelle, nous espérons que le public (et l'auteur lui-même, si en ce moment même nous n'avions à déplorer sa perte) n'aura pas à nous reprocher des suppressions essentielles, la traduction ayant été confiée à un homme habile, auquel la matière n'était pas étrangère, et qui s'est attaché à rendre avec toute la concision possible la pensée de l'original.

Le *Cours de physique et des arts mécaniques* de T. Young ayant été publié en 1807, un Appendice indiquant les principales découvertes faites récemment en Mécanique, ou sur lesquelles l'auteur avait passé légèrement, devenait nécessaire; nous nous estimons heureux que M. Hachette, qui s'est distingué par tant d'excellens ouvrages, et qui a lui-même tant contribué aux progrès de la science, ait bien voulu se charger de cet Appendice. La *Notice sur les machines à vapeur* est extraite d'un ouvrage plus étendu, dont M. Hachette s'occupe en ce moment.

Paris, 1er juillet 1829.



RÉSUMÉ
DE MÉCANIQUE
ET
D'HYDRAULIQUE.

INTRODUCTION HISTORIQUE.

Le plan que nous nous sommes tracé ne nous permettant pas d'embrasser l'histoire complète de la Mécanique et de ses subdivisions, nous nous bornerons seulement à quelques réflexions sur les époques les plus remarquables de la philosophie de cette science, et des principes mathématiques qui lui servent de base. Nous ferons d'abord l'histoire de la *Mécanique* proprement dite, puis ensuite celle de l'*Hydraulique.*

Histoire de la Mécanique.

On sait généralement que c'est aux Egyptiens et aux peuples d'Orient que les Grecs

ont emprunté les premiers élémens des sciences mathématiques, mécaniques et astronomiques. *Diogène Laërce*, tout en réclamant la priorité d'invention pour ses compatriotes, avoue cependant que *Thalès* et *Pythagore* acquirent la plus grande partie de leurs connaissances dans leurs voyages. On peut toutefois admettre que Thalès de Milet fut le premier qui introduisit en Grèce l'étude de ces sciences. On dit que *Mœris*, qui fut probablement roi d'Egypte, et *Theath* ou *Thoth*, du même pays, jetèrent les premières bases de la géométrie; mais, dans ces siècles reculés, à peine cette science dépassa-t-elle les notions indispensables à l'arpentage, puisqu'on attribue à Thalès, ou à tout autre philosophe postérieur, la découverte de ce principe, que deux lignes tirées des extrémités du diamètre d'un cercle, et se rencontrant en quelque point que ce soit de sa circonférence, forment entre elles un angle droit. Thalès fut compté au nombre des sept sages : il vivait environ 600 ans avant l'ère chrétienne, et est considéré comme le père de l'école ionienne, dont les membres se dévouèrent plus particulière-

ment à l'étude de la morale qu'à celle de la physique.

L'école grecque d'Italie, au contraire, qui reconnaît *Pythagore* pour fondateur, paraît avoir eu plus spécialement pour but l'étude de la nature et de ses lois, encore bien qu'aucune branche des connaissances humaines ne fût restée étrangère aux philosophes grecs, jusqu'au moment où Socrate introduisit dans l'école ionienne le goût des spéculations métaphysiques, qui s'accorde mal avec le calme et la réflexion que réclame l'examen approfondi des causes et des effets naturels. C'est à Pythagore que la philosophie est redevable de son nom, car, contre l'usage de ses prédécesseurs qui prenaient le nom de sages, il préféra celui d'ami de la sagesse. Il étudia sous *Phérécide*, et celui-ci sous *Pittacus;* mais il ne paraît pas que ces deux maîtres eussent fait faire quelques progrès aux mathématiques ni à la mécanique. Ce fut au retour de ses voyages en Egypte et en Orient, sous le règne de Tarquin l'Ancien, environ 500 ans avant J.-C., que Pythagore, retrouvant Samos, sa patrie, sous la domination du tyran Polycrate,

s'imposa volontairement l'exil, pour chercher une retraite paisible dans un coin de l'Italie. Ovide nous apprend qu'il choisit Crotone pour le lieu de ses études et le théâtre de ses leçons sur les lois de la nature.

Quelque erronée que soit l'opinion que Pythagore ait eu connaissance de la loi de la gravitation, toujours est-il vrai que les sciences mathématiques et mécaniques lui doivent de grands perfectionnemens. C'est lui qui découvrit ce rapport si fameux entre l'hypothénuse et les côtés d'un triangle rectangle, et qui démontra que le carré de l'hypothénuse est toujours égal à la somme des carrés des côtés. Ce théorême est un de ceux qui ont le plus efficacement contribué au perfectionnement de la géométrie ; et si l'on en croit les témoignages historiques qui nous apprennent l'hécatombe qu'il offrit aux Muses à l'occasion de cette découverte, on pourrait dire que son génie prévoyait déjà la magnificence de l'édifice qui devait un jour s'asseoir sur cette base !

Démocrite d'Abdère vivait un siècle après Pythagore, dont il étudia les ouvrages et adopta les principes : il paraît qu'il possé-

dait des connaissances très-vastes et une érudition profonde ; le titre seul de ses œuvres est parvenu jusqu'à nous. Quelques écrivains lui attribuent l'invention de l'arrangement des pierres dans la construction des voûtes ; Sénèque croit que ce procédé si simple doit avoir été mis en pratique dans les âges les plus reculés : mais on s'est appliqué de nos jours à démontrer que son emploi universel dans les constructions est d'une date beaucoup plus récente. Cependant l'architecture et les autres arts mécaniques étaient fort avancés avant cette époque, s'il est vrai que *Ctésiphon* ou *Chersiphron*, architecte du temple d'Ephèse, fut contemporain de Crésus et de Thalès. L'époque de la construction des ponts en pierre est fort incertaine ; il est douteux même qu'on connût dans ce siècle l'art des ponts en bois ; car, au rapport d'Hérodote, on doit croire que l'armée de Crésus devant traverser le Halys, elle fut obligée de camper sur les rives de ce fleuve, Thalès n'ayant trouvé d'autre moyen de sauver cette difficulté, qu'en creusant un canal sur l'arrière-garde de l'armée, encore bien que l'historien pense que les sol-

dats passèrent sur des ponts qui existaient déjà. Curtius parle d'un pont de pierre construit sur l'Euphrate, près de Babylone, longtemps avant le règne d'Alexandre, dont il raconte l'expédition : or, il est peu probable qu'un pont semblable eût pu résister au courant rapide de ce fleuve, s'il n'avait été soutenu que par des colonnes, sans arches. Pline nous apprend que Ctésiphon abaissait ses blocs immenses de pierre, en les plaçant sur des tas de sacs remplis de sable qui s'écoulait par degrés ; il ne nous dit pas par quel procédé il soulevait ces mêmes blocs, mais nous devons présumer que c'était à l'aide du plan incliné, qui paraît être le moyen le plus simple et celui qui se présente le premier à l'imagination.

Archytas de Tarente et *Eudoxe* de Cnide étaient de la secte de Pythagore ; les premiers ils s'efforcèrent de populariser les sciences mathématiques en les démontrant publiquement : on dit qu'Archytas inventa la vis et la poulie. Tous deux ils vivaient 150 ans après Pythagore, et déjà la géométrie était fort avancée, puisque ces philosophes connaissaient les propriétés des sections co-

niques. Plutarque nous apprend « que les premiers qui cultivèrent la géométrie descriptive, étaient de l'école d'Eudoxe et d'Archytas, qui introduisirent l'élégance et la variété dans la science, en empruntant leurs démonstrations aux objets matériels, et en appliquant la solution des problêmes à des inventions mécaniques, qu'il eût été plus difficile et plus compliqué de définir mathématiquement : ces deux maîtres inventèrent un moyen de déterminer la grandeur de deux moyennes proportionnelles entre deux lignes données, à l'aide de certaines courbes et sections. Platon, qui n'approuvait pas du tout leur méthode, les réprimandait sévèrement d'abandonner ainsi et de négliger les avantages les plus précieux de la géométrie, en forçant la science à quitter ses formes pures et immatérielles, pour s'asservir aux dimensions étroites et serviles des corps sensibles. C'est pour cette raison que la pratique de la Science mécanique se trouva isolée de la Géométrie, et fut long-temps négligée des philosophes, et considérée seulement comme applicable à l'art de la guerre.

Aristote, qui fut pour ainsi dire le dernier philosophe de l'école ionienne, vivait un demi-siècle environ après Archytas : on ne voit pas qu'il ait fait aucune découverte relative aux principes de la mécanique, et toutefois nous trouvons, dans son traité sur cette science, une description très-claire de la loi de la composition du mouvement, encore bien qu'il soit tombé dans quelques erreurs concernant les propriétés des leviers.

L'époque de la fondation d'Alexandrie, est celle d'une période mémorable pour les sciences en général, mais plus spécialement pour les mathématiques et l'astronomie. *Dinocrate* fut l'architecte employé par Alexandre pour tracer et bâtir cette ville célèbre. Parmi les savans que produisit son école, les sciences sont particulièrement redevables à *Euclide*, qui vivait 300 ans avant notre ère : on n'est pas certain que ses *Élémens* soient le fruit de ses propres recherches; mais la manière supérieure dont cet ouvrage est traité, la précision et l'exactitude qui y règnent, sont presque aussi dignes de louanges qu'en pourrait mériter l'invention première.

Épicure, contemporain d'Euclide, ferme la liste des philosophes pythagoriciens ou italiens. La pénétration qu'il a montrée dans la recherche des véritables causes de plusieurs phénomènes mécaniques, les développemens qui ont servi de texte à Lucrèce, sont autant de motifs qui nous font impatiemment attendre la publication de ceux de ses ouvrages qui ont été retrouvés depuis peu parmi les manuscrits d'Herculanum. Un demi-siècle après Épicure, vivait *Apollonius de Perge,* dont les investigations précises et étendues sur les propriétés les plus abstraites des sections coniques n'ont presque rien laissé ajouter aux géomètres modernes. L'architecte *Philon* paraît avoir vécu avant Apollonius, mais ce n'est pas celui dont les essais sur les machines de guerre sont publiés dans le *Recueil des mathématiciens de l'antiquité*, puisque cet auteur était l'élève de Ctesibius.

Mais aucun homme n'a élargi le domaine de la science, aucun n'a mis entre nos mains autant de puissance qu'*Archimède :* c'est à lui que nous devons de connaître les propriétés fondamentales du levier et du centre de gra-

vité; c'est lui qui découvrit les lois qui gouvernent l'hydrostatique, et la méthode de déterminer la pesanteur spécifique des corps. Il est le premier qui ait construit la grue et le planisphère; enfin c'est lui qui nous a fourni les documens d'investigations mathématiques, qui sont la base du calcul analytique. Avec de pareils titres, nos lecteurs nous sauront gré de leur offrir quelques détails sur la vie de cet homme extraordinaire: nous les empruntons à Plutarque, dans sa narration du siége de Syracuse, en éloignant toutefois les circonstances qui nous paraissent fabuleuses. « Fort de la seule puissance des machines qu'il avait inventées, Archimède, dit Plutarque, regardait en pitié l'immensité des préparatifs de guerre des armées romaines, et la gloire du nom de Marcellus; et cependant il considérait ces inventions comme d'une valeur médiocre, comme des jouets géométriques dont il avait occupé ses loisirs. Ce fut le roi Hiéron qui lui suggéra l'idée d'appliquer une partie de sa science aux objets matériels, et de se mettre ainsi à la portée du vulgaire, en revêtant d'une forme palpable ces vérités accessibles par

le seul raisonnement. Archimède, qui était l'ami et le parent d'Hiéron, lui avait affirmé qu'un poids quelconque pouvait être mis en mouvement par toute puissance donnée; et certain de ce qu'il avait avancé, donnant carrière à son imagination, il s'était vanté de déplacer la terre, s'il pouvait s'appuyer sur une autre terre. Surpris de la hardiesse de cette assertion, Hiéron le pria de lui en fournir une preuve matérielle, en faisant mouvoir un poids énorme à l'aide d'une faible puissance; alors Archimède, ayant fait approcher du rivage un vaisseau, qu'on y amarra avec beaucoup de peine et de fatigues, l'équipa et le fréta complètement, puis, s'étant assis à quelque distance, il toucha légèrement le premier moteur d'une machine, et fit marcher le vaisseau aussi doucement et avec autant de sécurité que s'il eût vogué en pleine mer. Ravi d'étonnement et d'admiration pour le pouvoir de l'art mécanique, Hiéron obtint d'Archimède qu'il lui construisît des machines offensives et défensives, en cas de guerre : heureusement le règne paisible de ce roi ne lui fournit pas l'occasion de s'en servir; mais elles devinrent

bientôt aux Syracusains d'un prix d'autant plus inappréciable, que leur inventeur en dirigeait l'usage : et en effet le peuple de Syracuse ne constituait qu'une faible partie des avantages que procuraient les machines d'Archimède : lui seul en était l'âme et gouvernait tout. On abandonna l'usage de toute autre espèce d'armes, et on ne se servait que de ses machines, soit pour se protéger contre l'ennemi, soit pour l'attaquer : si bien que les Romains, épouvantés lorsqu'ils apercevaient sur les remparts un bâton ou une simple corde, prenaient la fuite, s'imaginant que c'était quelque nouvelle machine d'Archimède; alors Marcellus désespéra de prendre la ville d'assaut, et fut contraint d'en faire le blocus. »

Toutefois Archimède était doué d'une intelligence si supérieure et d'une telle hauteur d'esprit, que, malgré le crédit et la réputation plus qu'humaine que lui avaient acquise ses découvertes, il ne voulut jamais en faire un traité, considérant la mécanique pratique, aussi bien que tous les arts qui ont pour but la satisfaction des besoins de la vie, comme au-dessous de lui; et cependant

son génie a trahi toutes ses espérances de renommée, par les ouvrages qu'il a laissés, dans lesquels la magnificence et l'élégance de la science sont pures des applications matérielles ; ouvrages qui ne sont comparables à rien de ce que l'esprit humain a produit ; dans lesquels le sujet le dispute à la méthode qui lui sert de développement ; où l'importance et la beauté de l'un rivalisent avec l'exactitude et la vigueur de l'autre. Il est impossible de déduire d'élémens plus simples et plus lumineux, des propositions plus difficiles et plus importantes. Quelques écrivains attribuent cette supériorité à son génie naturel, d'autres à son infatigable application, qui a imprimé à toutes ses conceptions ce cachet d'aisance qui caractérise les œuvres sublimes ; car, malgré la difficulté que présente d'abord la solution de ses propositions, il nous offre des moyens si faciles et si exacts pour les résoudre, que nous imaginons que nous eussions pu les trouver sans son secours. On n'est pas surpris d'apprendre que, par suite de la hauteur de ses préoccupations, il négligeait souvent le soin de se nourrir et de se vêtir,

et que conduit au bain malgré lui, il traçait des figures sur les cendres du foyer, et faisait ses calculs sur les cosmétiques dont se servaient les esclaves, ne recherchant d'autres jouissances que celles que procure la méditation de l'ordre intellectuel. Parmi ses belles et nombreuses découvertes, on dit qu'il pria ses amis d'orner sa tombe d'un cylindre circonscrit dans une sphère, et d'y inscrire le rapport entre ces deux solides, problêmes dont le premier il a donné la solution.

« Ce ne fut que par ruse et au milieu de la sécurité d'un jour de fête, que les Romains s'emparèrent de Syracuse : dans le désordre d'une ville livrée au pillage, et malgré qu'on eût donné l'ordre d'épargner la vie d'Archimède, il fut tué par un soldat. Sa mort est rapportée de diverses manières ; mais tous les auteurs s'accordent à dire que Marcellus en fut profondément affligé, qu'il eut toujours son assassin en horreur, et combla de faveurs les parens de ce grand homme. » On suppose que cet événement arriva environ 212 ans avant la naissance du Christ : et la physique mécanique, qui avait été cultivée avec un succès toujours croissant depuis 400 ans,

demeura stationnaire durant les dix-huit siècles suivans.

Dans le même temps qu'Archimède, vivaient des mathématiciens et des mécaniciens d'un grand mérite. Il existe encore, sous le titre de *Mathematici veteres*, un ouvrage sur les machines de guerre, adressé à Marcellus par *Athénée*. *Ctesibius* d'Alexandrie, qui vécut un siècle après Archimède, a enrichi l'hydraulique de plusieurs machines fort estimées, encore qu'il ait peu contribué à l'avancement de la théorie. *Héron* fut de la même école, et ses études furent semblables; il existe encore de lui des manuscrits sur l'hydraulique, la pneumatique et la mécanique. Pappus nous apprend qu'*Héron* et *Philon* rapportèrent les propriétés du levier, du treuil, de la poulie, du coin et de la vis à un même principe fondamental; ce qui prouve qu'à cette époque on commençait à bien comprendre les principes de la mécanique.

Vitruve, qui possédait beaucoup de connaissances générales, vivait sous le règne d'un des premiers Césars, et ses ouvrages nous ont fourni la plupart des documens sur la mécanique des anciens. *Appollodore*, que

Trajan employa pour la construction d'un pont sur le Danube, en l'an 102, nous a laissé un traité sur l'art des siéges. *Diophante*, *Pappus* et *Proclus* furent aussi de grands mathématiciens. Diophante se borna à l'arithmétique et à la géométrie ; mais le dernier livre des œuvres de Pappus est consacré à la mécanique, et Proclus écrivit un traité sur le mouvement, qui existe encore. On trouve dans les ouvrages de Diophante les premiers élémens des signes et des calculs algébriques ; mais il paraît que les Arabes furent les premiers qui se servirent des caractères pour exprimer les nombres : ils firent cependant peu de progrès en mathématiques, et cette science resta languissante jusqu'à la renaissance des lettres.

Tous les arts qui contribuent au bien-être de l'existence, de même que les sciences, furent négligés durant la longue période qui marqua le moyen âge : et cependant les traditions nous indiquent que les Grecs et les Romains poussèrent fort loin les arts industriels; mais l'invasion des barbares vint refouler à la fois la civilisation et la littérature. Au milieu des ténèbres qui obscurcis-

sent cet âge, un seul homme mérite de fixer notre attention : c'est *Roger Bacon*, qui naquit à Ilchester en 1214. On lui attribue la découverte de la poudre à canon, que par humanité il ne fit connaître que sous la forme énigmatique. Ses connaissances en optique paraissent avoir surpassé celles des philosophes de l'antiquité. Il eut des élèves en mécanique, et il déclare avoir vu des chars se mouvoir, sans le secours des animaux, avec une vitesse incroyable ; il donne la description de la cloche du plongeur, et il dit tenir de bonne part qu'on fabriqua des machines à l'aide desquelles les hommes traversaient les airs.

Ce fut dans le moyen âge que la clepsydre, ou horloge hydraulique des anciens, par suite de modifications successives, parut sous la forme des horloges des Sarrasins et des Arabes; l'introduction de ces dernières en Europe remonte au treizième siècle : on établit à Westminster et à Cantorbéry les premières horloges de clocher. La première dont la construction soit connue était de la main de *Wallingford*, en 1326 ; sa marche était régularisée par un volant ; la seconde,

celle de *Defondeur* ou *Fusorius*, avec un simple contre-poids, parut en 1400. Il est cependant présumable que des montres de poche furent faites au commencement du quatorzième siècle ; et on assure que des horlogers flamands vinrent s'établir en Angleterre en 1460.

Le siècle qui vit naître Léonard de Vinci, l'homme le plus accompli de cette époque (1443), sert de date pour l'appréciation des progrès de l'art mécanique et des machines construites dont *Ramelli* nous a donné un recueil, long-temps oublié, mais dont certains novateurs ont fait revivre les vieilles inventions, comme nouvelles.

Quoique *Bacon, lord Vérulam*, ne se soit pas proposé pour but de ses travaux l'avancement des sciences mathématiques ou mécaniques, on convient généralement qu'ils ont exercé une grande influence sur les progrès des sciences en général, par la méthode philosophique qu'il a introduite comme base des investigations scientifiques. En 1577, parurent les œuvres incorrectes sur la mécanique de *Guido Ubaldi*, qui donna, l'année suivante, un commentaire très-estimé des

ouvrages d'Archimède ; à la même époque, on vit quelques propriétés des projectiles plutôt imaginées que démontrées par *Tartalea.* Bientôt après, vint *Benedetti*, qui commença à raisonner avec rigueur sur les principes de la mécanique; mais il était réservé à *Galilée* de jeter les bases des découvertes qui se sont succédé rapidement dans l'espace de plus de deux siècles. Il fit, en 1589, des recherches exactes sur les lois des forces accélératrices, et fit connaître la courbe que décrivent les projectiles; il déduisit de ses observations l'isochronisme des vibrations du pendule, dont, peu après, *Sanctorius* appliqua le principe à la régulation des horloges. Le Hollandais *Stevinus* fut le premier à établir exactement la loi importante qui préside à l'équilibre de trois forces données: les propriétés du centre de gravité furent successivement mises au jour par *Lucas Valerius*, *Lafaille* et *Guldin*, qui fit quelques additions aux propositions si ingénieuses d'Archimède sur ce sujet.

L'invention des logarithmes rendit facile, dans la pratique, l'application des cas les plus compliqués de la science mathématique.

Cette importante découverte fut faite par le baron *Napier*, qui publia ses tables en 1614. Elles furent réduites à la forme la plus convenable par les soins de *Briggs* et *Gunter*. A cette époque, les investigations de *Descartes* enrichirent considérablement la science algébrique, tandis que *Cavalleri* enrichissait les mathématiques de l'invention de sa méthode des indivisibles; cette méthode, fondée sur les découvertes d'Archimède, fut pleinement expliquée par *Wallis*, et conduisit à l'invention bien supérieure de l'analyse des fluxions.

A peu près dans le même temps, *Huygens* en France, *Wren* et *Wallis* en Angleterre, firent des recherches tendant à établir les lois du choc. Depuis les découvertes d'Archimède et de Galilée sur cette matière, celles d'Huygens tiennent le premier rang pour les services rendus à la science; sa théorie des pendules cycloïdes, et sa doctrine des forces centrales, furent les premiers principes qui fixèrent les méditations de Newton.

Hooke, par ses applications en mécanique et ses inventions ingénieuses, balança la

réputation d'Huygens beaucoup plus profond en théorie. Il fut le premier à faire l'application aux montres, du balancier à ressort, et il perfectionna l'emploi du pendule dans les horloges; on lui doit aussi le perfectionnement du quart de cercle, du télescope et du microscope; le premier, il soupçonna la nature de la cause qui retient les planètes dans leurs orbites, et ajouta à sa renommée une foule d'autres titres dont l'énumération serait trop longue ici.

Déjà les lois de la composition du mouvement, ainsi que plusieurs autres sujets de mécanique et d'optique, avaient été développées convenablement dans les ouvrages du savant docteur *Barrow*, professeur de mathématiques à Cambridge, quand celui-ci céda la chaire à son successeur, l'orgueil de sa patrie, et l'honneur du genre humain. Sir Isaac *Newton* naquit, en 1642, à Woolsthorpe, dans le comté de Lincoln, le jour de Noël, l'année de la mort de Galilée. Envoyé, à l'âge de douze ans, dans l'école de Grantham, il passa à dix-huit dans l'université de Cambridge. Il y fit quelques recherches sur l'analyse algébrique, et jeta les ba-

ses de sa belle méthode des fluxions avant qu'il eût vingt-quatre ans ; mais sa modestie l'empêcha de rien publier sur ces matières. En 1666, il s'occupa d'investigations en optique; elles furent présentées à la Société royale, dont il devint membre en 1672. Il développa la théorie de la gravitation et sa mécanique de l'univers, dans ses *Principes mathématiques de philosophie naturelle*, publiés en 1687. L'année suivante, il fut appelé au parlement, comme représentant l'université de Cambridge; et en 1696, sur la recommandation du comte Halifax, il fut placé à la monnaie, dans un poste très-lucratif. Depuis 1703 jusqu'à sa mort, en 1727, il resta président de la Société royale, et vécut jusqu'à quatre-vingts ans, ayant joui constamment d'une excellente santé.

Quoique la méthode des fluxions paraisse avoir été inventée par Newton, il n'en est pas moins vrai que *Leibnitz* est le premier qui ait publié quelque ouvrage sur ce sujet, et qui en ait fait l'application à plusieurs problêmes importans. *Jacques* et *Jean Bernouilli* ont donné des développemens fort remarquables à cette même découverte ; et tandis

qu'en France ces trois philosophes contemporains mettaient en pratique les lois générales de la mécanique, *Machin*, *Cotes*, *Halley* et *Demoivre* s'occupaient des mêmes applications en Angleterre. Vinrent ensuite, en 1700, *Perrault*, *Lahire*, *Amontons* et *Parent*, membres de l'Académie des sciences de Paris, qui inventèrent plusieurs machines fort importantes dont on trouve la description dans le recueil très-estimé de Léopold, publié à Leipsick, sous le titre de *Theatrum machinarum*. Dans le cours du dernier siècle, on vit paraître les Transactions de diverses sociétés établies pour la propagation des sciences, et la publication des journaux littéraires de Leipsick et de Paris devint un mode de communication qui rendit de grands services en répandant toutes les nouvelles découvertes.

La philosophie de Newton prit alors une forme plus populaire et plus attrayante dans les écrits de *Clarke*, *Pemberton*, *Maclaurin* et *Musschenbroek*, aussi bien que dans ceux de *S'Gravesande* et *Desaguliers*. Ses investigations les plus délicates recevaient des développemens en France, par les soins d'*Her-*

mann, *Daniel Bernouilli*, *Léonard Euler*, et *Clairaut;* en Angleterre, par ceux de *Maclaurin* et *Simpson.* L'Académie des sciences de Paris ayant promis de récompenser le meilleur ouvrage sur la question si difficile des marées, *Euler, Maclaurin* et *Bernouilli* eurent l'honneur d'en partager le prix; mais une mort prématurée vint entraver la carrière que Maclaurin s'ouvrait avec tant d'éclat : plus heureux, Bernouilli et Euler continuèrent pendant d'assez longues années à lutter d'élégance et de profondeur dans leurs recherches. La renommée, qui prononce sur les réputations, regarde Euler comme plus profond mathématicien que son compétiteur, et celui-ci comme un meilleur physicien.

La dernière moitié du dix-huitième siècle fut, à tous égards, propice au développement des sciences : les noms de *d'Alembert*, *Landen*, *Waring*, *Frisi*, *Robison*, *Lagrange* et *Laplace*, méritent d'être placés au premier rang parmi les théoriciens les plus distingués en mathématiques et en mécanique : ceux de *Smeaton*, *Wedgwood* et *Watt* ne sont pas moins dignes d'éloges dans la pratique des arts industriels et des manufactu-

res. La fusion de tous ces objets épars s'effectua dans le fameux ouvrage de l'*Encyclopédie*, monument pompeux, qui fait autant d'honneur aux travaux et au génie de quelques-uns de ses auteurs, qu'il jette de défaveur sur les principes et la politique de quelques autres. Vers le même temps que l'Encyclopédie, la Société d'encouragement des arts, du commerce et des manufactures, prit naissance à Londres, et l'on peut dire que ses récompenses et ses publications ont été à la fois profitables aux individus en particulier et au public. En 1762, l'Académie de Paris commença à imprimer un recueil de descriptions d'arts et métiers, sur une échelle plus vaste encore que celle de l'Encyclopédie : mais cet ouvrage n'eut pas de suite.

Les artistes français et anglais perfectionnèrent le mécanisme des montres, au point de rendre à la marine des services fort importans, surtout depuis que les observations astronomiques étaient devenues très-précises dans la détermination de la place qu'occupait un vaisseau en pleine mer; ce qui fournit le moyen de redresser les erreurs fréquentes des horloges. *William Harrison*

est le premier qui ait fait des montres assez exactes pour déterminer les longitudes : il ne dut qu'à lui seul son éducation et ses découvertes ; ce fut à ses travaux que le bureau des longitudes accorda la récompense de 10,000 livres sterling qu'il avait promise.

Histoire de l'Hydraulique.

Parmi les philosophes de l'antiquité, *Aristote* est le premier auquel nous devions quelques recherches sur les propriétés des fluides ; mais, toutefois, ce ne fut guère qu'au temps d'*Archimède* que les investigations sur ce sujet devinrent recommandables. Les progrès que fit la science hydraulique en particulier, sous cet illustre mathématicien, font le plus grand honneur à son génie et à sa pénétration. Encore bien que les théorêmes développés dans son *Traité des corps flottans* ne soient pas d'une application aussi générale qu'ils le sont devenus par les méthodes du calcul, ils nous fournissent cependant beaucoup d'exemples de la détermination de l'équilibre de ces corps, sous des formes variées, et fondés sur les principes réunis de la résistance provenant de la di-

rection du poids d'un corps et de la pression exercée par le fluide : c'est ainsi qu'il est parvenu à démontrer dans quels cas les solides coniques et conoïdes étaient ou non dans un cas d'équilibre stable. Il inventa le procédé de l'immersion d'un corps dans un liquide, pour en reconnaître la masse; et quoique cette découverte ne nous paraisse pas très-difficile, les anciens en jugeaient autrement : Vitruve nous dit qu'elle dénote un degré d'intelligence presque incroyable. Le philosophe lui-même en ressentit une joie si immodérée, que l'ayant découverte dans un bain public, il en sortit sans prendre soin de se vêtir; son premier mouvement fut d'en faire l'application, pour reconnaître la pesanteur spécifique de la couronne d'Hiéron; il s'aperçut que le fabricant auquel on en avait compté le poids en or, y avait introduit un mélange d'argent, dont l'évaluation échappait au calcul, en raison de la forme compliquée du diadême. L'invention de l'hydromètre, que l'on attribua quelquefois à *Hypatia* de Constantinople, dame grecque d'un haut savoir, est mentionnée par *Fannius*, l'un des premiers auteurs

sur les poids et mesures, et est par lui attribuée à Archimède.

La pompe foulante, ou plutôt une machine à feu, a été découverte par *Ctesibius* d'Alexandrie, le plus habile mécanicien de l'antiquité après Archimède. On lui doit également la clepsydre, et même Philon nous assure qu'il construisit un fusil à vent.

Héron fut contemporain et disciple de Ctesibius : il nous a laissé sur la pneumatique un traité dans lequel il donne la description d'une foule d'appareils plutôt amusans qu'utiles, particulièrement des syphons de formes variées, des fontaines, des orgues hydrauliques, sans compter la pompe à piston et la machine à feu; la description de cette machine se rapporte parfaitement à celle dont nous nous servons aujourd'hui: elle consiste en deux corps de pompe qui jettent successivement l'eau dans un vaisseau plein d'air, et il paraît, d'après Vitruve, que c'était la forme originaire de la pompe de Ctésibius.

Héron admit le principe de la possibilité du vide entre les molécules des corps, ne pouvant pas concevoir leur compression sans

cela ; mais il imagina que le vide ne pouvait exister dans un espace perceptible, et il en déduisit le principe de la succion. L'air contenu dans une cavité quelconque se raréfie, dit-il, en en suçant une partie; et il donne la description d'un instrument à ventouse, assez semblable à celui d'une machine pneumatique imparfaite.

Depuis Ctésibius et Héron, jusqu'à l'époque de la renaissance des lettres, la science hydraulique ne fit pas de grands progrès. Vitruve nous apprend que du temps de Jules César, les Romains se servaient des moulins à eau, dont il nous donne la description ; qu'ils avaient des aquéducs bien construits, des canaux bien établis; mais que les conduits en plomb étaient d'un usage moins général qu'aujourd'hui, en raison de la qualité malfaisante de ce métal. Quelques auteurs ont prétendu que les anciens n'avaient pas de cheminées, mais cette opinion n'est pas probable.

Les canaux navigables se multiplièrent au moyen âge, d'abord en Chine, puis dans les autres parties du monde. L'invention de la poudre à canon, et celle de l'imprimerie,

méritent également d'être envisagées comme donnant aux siècles modernes une physionomie tranchée avec les temps anciens, en raison de l'influence que ces deux découvertes ont exercées sur les mœurs et le caractère des peuples et des individus. On dit que les Chinois connaissaient la poudre depuis long-temps, et que Roger Bacon en avait probablement connu les propriétés; toutefois, ce ne fut qu'en 1330 qu'elle fut mise en usage en Europe; et la première artillerie paraît avoir été employée par les Maures au siége d'Algésiras, en 1334. Le roi Édouard avait quatre pièces de canon à la mémorable bataille de Crécy, en 1346.

Vers l'année 1600, *Galilée* fit la découverte importante de l'influence du poids de l'atmosphère dans l'opération de la succion, et autres phénomènes. Jusque là on supposait que l'eau montait dans une pompe aspirante, à cause de l'impossibilité du vide; mais si le vide eût été impossible dans la nature, il en serait résulté que l'eau aurait suivi le piston, à quelque hauteur que ce fût; or, Galilée s'aperçut qu'elle ne s'élevait qu'à trente-deux pieds, et il en conclut

qu'une colonne d'eau de cette hauteur donnait la mesure de la pression atmosphérique. Quelque temps après, son élève, *Toricelli,* confirma cette explication, en démontrant qu'une colonne de mercure s'élevait quand son poids était égal à celui d'une colonne d'eau ayant la même base : de là vient que le vide obtenu par le mercure s'appelle souvent le vide de Toricelli. En 1644, Toricelli redressa les erreurs commises par *Castelli;* relativement aux quantités d'eau qui s'écoulent par des orifices égaux, à diverses distances au-dessous de la surface du niveau de l'eau dans un réservoir. Les expériences de Castelli, exécutées vers 1640, furent les premières de ce genre; et quelques-unes concoururent aux progrès de l'hydraulique : mais plusieurs tendent à faire croire que le niveau de l'eau, à une hauteur double, procurait un écoulement double; les observations plus exactes, faites par Toricelli, démontrèrent qu'une vitesse double réclamait une hauteur quadruple; ce que confirmèrent pleinement les travaux de *Mariotte* et *Guglielmini.*

Vers la fin de 1653, *Otto de Guéricke*, de

Magdebourg, construisit pour la première fois un appareil semblable à la machine pneumatique, en introduisant le canon d'une pompe dans un baril plein d'eau, de telle sorte qu'en retirant l'eau par le moyen d'un piston, l'intérieur du baril resta presqu'absolument vide; mais s'apercevant que l'air s'y introduisait par les joints des douves, il plaça un petit tonneau dans un autre plus grand, remplit d'eau l'espace libre entre les deux, et rendit ainsi le vide plus complet: il s'aperçut encore que l'eau transsudait à travers les pores du bois ; il se servit alors d'une sphère en cuivre, de deux pieds de diamètre, et l'épuisait d'eau de la même manière que précédemment, quand la pression la brisa avec fracas. Cette machine était sans doute plutôt une pompe à eau qu'une machine pneumatique ; mais l'inventeur reconstruisit bientôt après son appareil, et pratiqua presque toutes les expériences faites de nos jours avec la machine pneumatique.

Hooke termina, en 1658, une machine pneumatique destinée à Boyle, dans le laboratoire duquel il travaillait. Cet instrument, plus convenablement ajusté que celui de

Guéricke n'opérait cependant pas le vide aussi exactement; et toutefois, en raison des nombreuses et judicieuses expériences de *Boyle*, le récipient de la machine pneumatique s'appelait, en Europe, le vide de Boyle. Les travaux de Hooke contribuèrent grandement aux progrès de la théorie pneumatique, en ce qui regarde l'élasticité de l'air : ses expériences furent successivement répétées et confirmées par celles de *Mariotte* et *Amontons*, en France, de *Hales*, en Angleterre, et de *Richmann*, à Pétersbourg.

C'est au célèbre marquis *de Worcester* que l'on doit la première machine à vapeur : un siècle avant lui, *Mathésius*, dans son recueil intitulé *Sarepta*, avait fourni des documens sur la possibilité de réaliser un appareil de ce genre. Plus tard, *Bruneau* fit revivre les mêmes idées; mais toutefois l'invention du marquis de Worcerster ne fut point mise en pratique, et fut bientôt oubliée. En 1700, *Savery* construisit une machine absolument semblable, et on ne sait pas bien s'il se servit des idées de Worcerster, ou si elle était tout-à-fait de son invention; quoi qu'il en

soit, cette découverte resta stationnaire, après que *Newcomen* y eut ajouté le piston et le cylindre en 1710, et *Beigton* son appareil pour tourner les robinets.

Huygens et quelques autres membres de l'Académie de Paris donnèrent, en 1667, leurs expériences sur la pression des liquides en mouvement, et sur la résistance qu'ils opposent, à l'état de repos, au mouvement des corps solides. Dans un ouvrage publié en 1673, *Pardies* s'efforça d'expliquer l'effet du vent dans les voiles, suivant certaines données : ses principes, bien qu'erronés, furent adoptés par *Renaud*, qui donna ses observations en 1689; mais bientôt après, *Huygens* et *Jacques Bernoulli* redressèrent les erreurs de leurs devanciers ; et Renaud fut obligé de se rendre à leurs expériences, appuyées de celles de *Jean Bernoulli*, qui, en 1714, fit paraître un Traité fort étendu sur la manœuvre des vaisseaux.

Poleni publia, en 1718, ses recherches exactes sur la quantité d'eau déversée, qu'il reconnut être plus considérable par un ajutage que par une ouverture de même diamètre, percée en minces parois : quoique

Newton ait exercé peu d'influence sur les progrès de l'hydraulique et de la pneumatique, on suppose qu'il avait connaissance de ce phénomène avant Poleni.

En 1727, l'Académie de Paris décerna un prix à *Bouguer,* pour son Essai sur la mâture des vaisseaux : cet ouvrage, ingénieux d'ailleurs, ne saurait être utile dans la pratique. Mais cependant ce savant, excité par l'encouragement qu'il avait reçu, continua ses recherches sur le même sujet, et il publia, vingt ans après, un excellent Traité sur la construction et la manœuvre des vaisseaux, bien supérieur à tout ce qui avait paru antécédemment sur cette matière.

Dans la même année 1727, parurent les premières recherches de *Daniel Bernoulli*, sur les propriétés et les mouvemens des fluides. Cet homme, justement célèbre, fut aussi heureux dans ses applications mathématiques à la physique, que calculateur exact et ingénieux. La plupart de ses théorêmes hydrauliques sont fondés sur le principe, primitivement découvert par Huygens, que Leibnitz appelait la loi des forces vives ou

ascendantes, et qui n'est exactement vrai que lorsqu'il n'y a aucune déperdition de vitesse, dépendant de l'imperfection de l'élasticité des corps.

On doit aussi à *Maclaurin* des recherches sur les propriétés des fluides; on y lit avec intérêt des observations sur la position des voiles des moulins et des vaisseaux. Il fit d'heureuses applications des effets du vent, et démontra la possibilité de disposer les voiles d'un navire de manière à lui procurer une vitesse plus grande que celle du vent lui-même. Toutefois le peu d'expériences auxquelles on se livrait à cette époque, ne répondirent pas à toutes les exigences pratiques en hydraulique. On consulta *Maclaurin* et *Desaguliers,* mathématiciens très-distingués, sur la quantité d'eau qui pourrait être transportée à Edimbourg, au moyen d'une chaîne de tuyaux d'une dimension déterminée. Sur la foi de leur mérite, le projet ayant été exécuté, on obtint une masse d'eau d'un sixième au-dessous des calculs de *Desaguliers* et d'un onzième au-dessous de ceux de *Maclaurin.* A une époque plus rapprochée, les académiciens français ayant été consultés sur

un projet de même nature, dissuadèrent les entrepreneurs d'y donner suite : ils allaient l'abandonner, lorsqu'un célèbre architecte praticien leur affirma que la quantité serait double de celle assignée par les académiciens; et l'événement a justifié son assertion.

Les expériences et les calculs de *Robins*, relativement à la résistance de l'air et à la poudre à canon, méritent d'être mentionnés en raison de leur utilité pratique; mais elles paraissent moins heureuses sous le rapport théorique que celles faites quelques années avant par *Daniel Bernoulli.*

Dans son *Traité du mouvement des fluides*, publié en 1744, *d'Alembert* voulut substituer aux hypothèses de *Jean Bernoulli* une loi plus générale, concernant tous les changemens qui ont lieu dans un système de corps, par leurs actions réciproques; mais ses calculs sont plus diffus et moins compréhensibles que certains autres, susceptibles d'une application également étendue. Le professeur *Kæstner*, de Gottingue, a défendu avec quelque succès l'opinion de *Bernoulli* contre les objections de *d'Alembert*, en donnant plus

d'extension et de clarté à la théorie du premier : mais on rencontre souvent dans les ouvrages de ce savant un bizarre mélange de subtilité et de prolixité.

Les applications en hydraulique datent des recherches expérimentales faites par *Smeaton* sur les effets du vent et de l'eau, en 1759. Très-recommandables pour la pratique, il leur donna peu de développement pour les rattacher aux principes généraux de la mécanique. Ce fut *Borda* qui, dix ans après, les coordonna avec la théorie, en ce qui concerne les roues à courant d'eau. Avant ce temps, le meilleur essai sur les roues hydrauliques était celui d'*Elvius*, publié en 1742.

Dans le cours de l'année 1769, *Watt* obtint une patente pour ses améliorations à la machine à vapeur, laquelle réunit tous les perfectionnemens qui y ont été faits depuis le temps de *Beighton*. Cette découverte si importante dans ses applications assure un rang très-distingué à son auteur parmi les hommes célèbres qui se sont occupés de la science de la mécanique. Il est présumable que les machines à rotation dont parle ce mécanicien ne recevront pas d'application, à cause de

la difficulté de construire des chaudières à vapeur aussi grandes et aussi compliquées qu'il les faudrait pour que ces machines produisissent tout leur effet.

La résistance des liquides sur les corps variés qui se meuvent au milieu d'eux a été l'objet des recherches des hydrauliciens contemporains. Ce sujet est fort important dans ses applications à la manœuvre des vaisseaux. Les expériences les plus étendues sur ces matières ont été faites par *Bossut* et par quelques autres membres de l'Académie des Sciences. Dom *George Juan*, gentilhomme, qui servait sous Ulloa publia à Madrid, vers le même temps, son *Examen Maritimo*, que l'on considère comme l'ouvrage le plus ingénieux et le traité le plus utile qui eût encore paru sur la théorie et la pratique de l'art du marin. M. *de Prony*, dans son Architecture hydraulique, paraît avoir adopté les idées de dom Juan. Le professeur *Robison* pense, à propos de cet ouvrage, que si la pression de l'eau influe sur la résistance à différentes profondeurs, le poids de l'atmosphère doit aussi entrer dans le calcul.

Les expériences très-soignées du docteur

Hutton et du comte *de Rumford*, sur la force expansive de la poudre à canon et la résistance de l'air, méritent une honorable mention pour les documens qu'elles ont fournis à l'expérimentateur et à l'artilleur. L'hypothèse de *Robins*, qui attribuait tous les effets de la poudre à canon à la force expansive des fluides élastiques, est évidemment fausse; et bientôt après *Vandelli* soutint une opinion contraire dans ses *Commentaires de Bologne;* mais le comte de Rumford démontra fort bien l'insuffisance des agens invoqués par Robins, encore qu'il se soit trompé en voulant expliquer la force totale par la seule élasticité de la vapeur aqueuse.

La théorie du frottement, dans la pratique hydraulique, a été complètement éclaircie par les travaux très-recommandables de *Du Buat*. Il appuie ses expériences et ses résultats sur les principes fondamentaux ou formules, qu'il n'a pas toujours exposés dans la forme la plus simple : et cependant les recherches successives de *Langsdorf* ou *Eytelwein* en Allemagne, et de *Robison* en Angleterre, ont apporté peu de développement aux expériences de Du Buat; mais ils ont

indiqué de quelle manière on pouvait appliquer les résultats obtenus par ce savant, dans une foule de cas du ressort de l'architecture hydraulique.

Nous n'oublierons pas de mentionner l'invention des ballons ou aérostats. Les premières indications données par *Lohmeier*, *Albert* et *Wilkins*, sur les procédés pour traverser les airs, ont été long-temps méprisées comme de simples spéculations, ainsi que les expériences de *Rosnier*, qui trouva, au dix-septième siècle, le moyen de descendre, à l'aide des ailes, de la hauteur de quelques maisons, mais ne put rien inventer pour s'élever. Le docteur *Black* a décrit, dans son Cours, une vessie remplie de gaz hydrogène et se soutenant dans l'air en raison de sa pesanteur spécifique, quelques années avant que *Montgolfier* eût conçu l'idée et appliqué un appareil de ce genre pour transporter des hommes dans les régions éthérées. Ce fut en 1783 que l'expérience en fut faite, et quelques personnes crurent que cette découverte pourrait devenir très-importante; mais, en raison de l'impossibité d'obvier à l'action du vent sur une machine aussi volumineuse,

son usage ne devient utile que lorsqu'il est nécessaire de s'élever à une grande hauteur. En France toutefois, le ballon est devenu avec succès un observatoire météorologique très-remarquable : on doit à MM. Biot et Gay-Lussac, qui se sont élevés à une hauteur de 7000 mètres, des observations très-importantes sur l'état atmosphérique et les propriétés magnétiques du globe.

Les fastes de la science n'offrent point de période plus mémorable pour la rapidité avec laquelle les lumières se propagèrent, que celle qui embrasse les quarante dernières années du dix-huitième siècle et les premières du dix-neuvième. Ce résultat tient particulièrement à la multiplicité des Journaux, Recueils et Encyclopédies scientifiques qui ont été annuellement publiés, et dont le nombre s'est singulièrement accru depuis l'apparition du *Journal de physique* en 1773; soutenus de tout l'intérêt qu'ils empruntèrent aux découvertes nouvelles et importantes, tant en chimie qu'en histoire naturelle, ces volumineux recueils ont eu un débit extraordinaire.

Malgré les travaux et le talent des philo-

sophes que nous venons de citer dans cette introduction, sans compter ceux dont les noms moins illustres n'en sont pas moins dignes des respects du monde, il s'en faut bien que le vaste champ du génie soit exploré : ils nous ont élargi les voies, osons les y suivre : au milieu de leurs élans sublimes, quelques imperfections ont trahi leur génie : reprenons leurs œuvres, comparons-les, et des résultats lumineux couronneront nos efforts !



NOTIONS PRÉLIMINAIRES.

L'ÉTUDE pratique des différens arts qui concourent au bien-être de la vie sociale, repose sur des principes bien établis et applicables dans une foule de circonstances. Il est fâcheux que les mains chargées de l'exécution soient trop souvent mal dirigées, par suite du peu d'application qu'on accorde généralement aux doctrines qui servent de base à la science de la MÉCANIQUE : et cependant elles n'exigent ni beaucoup de temps, ni une grande dose d'intelligence ; car les principes en sont faciles à saisir, et, si ce n'est en ASTRONOMIE, il est remarquable que peu d'investigations très-profondes aient été profitables à la société.

C'est donc rendre un service important que de réprimer le zèle inconsidéré des inventeurs inhabiles, qui, n'ayant d'autre but que de satisfaire leur cupidité, s'en vont grossissant la liste des brevets d'invention, sans considérer

de quelle perte de temps et de fortune ils son incessamment prodigues pour les plus faible essais d'amélioration. Nous voudrions con vaincre ces enthousiastes de leur ignoranc réelle, en leur démontrant que leur imagina tion a été préoccupée, et les sauver de la ruin qui les menace, tout en délivrant le public di soin de fixer son attention sur des objets in dignes de l'occuper. Le ridicule qui s'attach au nom des faiseurs de projets n'a été, en gé néral, que trop bien mérité, parce qu'il en es peu qui aient soumis leurs innovations à des épreuves expérimentales. On peut dir avec raison que sur cent découvertes dan les Arts ou dans la Mécanique, il y en a quatre-vingt-dix, pour ne pas dire quatre-vingt-dix-neuf, qui sont anciennes ou inutiles. Le but de nos recherches est de nous mettre à même de distinguer et d'adopter la centième.

La méthode synthétique dans l'exposition des principes, à partir des plus simples jusqu'aux plus compliqués, est celle qui convient pour offrir l'ensemble des documens fournis par les sciences diverses auxquelles la Mécanique emprunte ses lois fondamen-

tales. Celles-ci une fois établies, chaque fait prend une place convenable dans le système général, et s'y rattache pour former alors une chaîne non interrompue. Tandis que la voie analytique, malgré son importance quand il s'agit de rechercher la vérité, impose l'obligation de recourir à une foule de sources éloignées, qui nous ramènent sans doute successivement à la connaissance des principes fondamentaux, mais qui jusque là ne font que surcharger la mémoire. Car les phénomènes de la nature ressemblent aux feuillets épars des prophéties de la sibylle : chaque mot, chaque syllabe, pris isolément, n'apportent à l'esprit aucune instruction; mais lorsque, par une élaboration assidue, chaque fragment est mis à la place qui lui convient, il résulte de leur ensemble une langue pure et harmonieuse.

En conséquence, et nous conformant à l'ordre synthétique, nous adopterons pour point de départ les doctrines abstraites des Mathématiques, en ce qui concerne la quantité, l'espace et le nombre; mais nous ne nous y arrêterons pas, parce que nous supposons que ces données ont été préalable-

ment étudiées et suffisamment expliquées dans les traités de la collection qui s'occupent de ces matières. Nous traiterons donc de leur application immédiate à la *Mécanique* et à l'*Hydraulique*, ou au mouvement des solides et des fluides, dont l'explication peut se passer de démonstrations absolues; puis des axiômes mathématiques, et seulement à l'aide de la logique générale des inductions, nous ferons découler des principes très-importans relativement aux opérations de la nature et de l'art, et nous poserons des lois telles, qu'elles paraîtraient à des yeux vulgaires dépasser le pouvoir de la raison. Ainsi, l'évidence des axiômes nous rendra compte de l'inclinaison, de la chute des corps et des projectiles, du phénomène des corps mouvans autour d'un centre, du mouvement des pendules; elle nous expliquera les propriétés du centre de gravité, l'équilibre des forces dans les machines de différentes espèces, les lois de la pesanteur et les effets du frottement et du choc. De là nous passerons aux principes généraux relatifs à l'usage des machines et à l'application des forces de nature diverse: nous rechercherons

quelles sont les sources principales du mouvement que nous pouvons maîtriser à volonté, et les avantages spéciaux à chacun d'eux; puis enfin, d'après les effets résultant de leur emploi, nous citerons les machines les plus importantes, et les procédés qui rendent leurs forces applicables aux intérêts de la société.

Cet ouvrage est divisé en deux parties distinctes. Dans la première, nous traiterons de tout ce qui regarde la *Mécanique proprement dite ;* ainsi nous dirons que les machines dont on fait usage pour élever ou transporter les fardeaux sont employées contre les puissances de la gravitation et du frottement : telles sont les grues, les roues à frottement, les moyens de transport de tous genres; ils ont été, pour la plupart, l'objet d'un grand nombre de spéculations et d'expériences. Nous ajouterons que pour vaincre et modifier les forces de cohésion et de répulsion, et aussi pour changer les formes extérieures des corps, on fait usage des machines propres à la compression, l'extension, la pénétration, le frottement, la trituration, l'agitation et la démolition, telles que pres-

ses, forges, laminoirs, empreintes, poinçons, balanciers et moulins. Nous indiquerons les instrumens applicables à l'opération méthodique du bêchage, du labour et de plusieurs autres pratiques agricoles; les moyens de percer, miner, moudre, polir, tourner; nous traiterons des moulins de diverses espèces, propres à battre et moudre le blé, faire les huiles, à fabriquer la poudre à canon; sans compter les agens chimiques pour faire sauter les roches, et ceux employés dans l'artillerie.

La seconde partie traitera de la science de l'*Hydraulique*, laquelle rend compte des mouvemens et des propriétés des fluides, dans lesquels nous ne considérons plus chaque molécule isolée comme capable d'un mouvement séparé, mais où nous recherchons l'effet du nombre infini des particules qui constituent un liquide. La théorie générale de ces mouvemens constitue les principes de l'*Hydrostatique*, ou propriétés des liquides et des fluides en repos, et ceux de l'*Hydrodynamique*, ou théorie des fluides en mouvement. L'application pratique de cette théorie, aux machines hydrauliques et à air, est

d'une très-grande importance; elle intéresse autant le philosophe qu'elle est nécessaire au mécanicien. L'Hydrodynamique s'occupe aussi de l'emploi de l'eau et du vent dans leurs applications au dessèchement des terres et des mines, comme aussi aux manœuvres de la marine et à la construction de la machine à vapeur.

Le cadre restreint dans lequel nous sommes obligés de nous renfermer ne pouvant nous permettre d'entrer dans de longs détails concernant chacune de ces sciences, nous dirons particulièrement ce qu'elles offrent de plus essentiel, en invitant ceux qui voudraient se livrer à des recherches plus étendues, à consulter les ouvrages que nous aurons soin de mentionner.





DE LA MÉCANIQUE

PROPREMENT DITE.

CHAPITRE PREMIER.

De la Dynamique ou du Mouvement.

Toute la science de la mécanique repose sur les lois du *mouvement*, soit qu'il existe actuellement, ou qu'il soit modifié par les forces qui tendent à le produire. Sa nature exige donc un examen particulier en abordant la philosophie de la science mécanique, et nous allons essayer de donner une explication claire des propriétés des diverses espèces de mouvemens.

Un ancien philosophe, consulté sur ce que c'était que le mouvement, se mit à marcher en disant : « Vous le voyez; mais ce que c'est, je ne puis vous le définir. » Il ne paraît pas néanmoins absolument néces-

saire d'en appeler aux sens pour se faire une idée du mouvement, la définition d'une idée complexe pouvant se réduire aux élémens simples qui la composent. Ainsi, dans le cas dont il s'agit, ces élémens sont : l'existence de deux points à une certaine distance, puis, au bout d'un certain temps, l'existence de ces mêmes points à une distance différente. Or, la différence entre les distances étant supposée déterminée d'après les principes géométriques, la longueur de la ligne parcourue est rendue sensible, soit aux sens, soit à l'imagination.

Le mouvement est donc le changement de la distance en ligne droite, entre deux points quelconques. Cette définition étant admise comme exacte, on conçoit que deux points sont nécessaires pour constituer le mouvement. Ainsi, dans tous les cas, lorsque nous voulons chercher si un corps ou un point est ou non en mouvement, il faut que nous supposions un autre point que nous puissions lui comparer : car, s'il n'existait qu'un seul atome dans l'univers, on ne pourrait pas prouver qu'il est en mouvement ou en repos. Ceci paraîtra peut-être

surprenant, mais c'est la conséquence de notre définition; ce paradoxe ne provient que de la difficulté d'imaginer l'existence d'un seul atome, qui ne soit pas environné d'une foule de points, dans un espace que nous nous figurons comme immobile.

C'est faute d'une définition précise du mot *mouvement*, que plusieurs auteurs ont confondu le *mouvement absolu* et le *mouvement relatif*; car la définition du mouvement, eu égard à la différence des distances, en ligne directe, entre deux points, s'applique, suivant l'opinion générale et la définition qu'on en donne, au mouvement relatif: un examen scrupuleux nous prouvera que ce que nous appelons communément mouvement absolu, n'est réellement que relatif à un espace quelconque, que nous imaginons être immobile, mais qui ne l'est que pour l'imagination. L'espace que nous disons en repos est, en général, la surface de la terre. Or, nous savons, d'après les recherches astronomiques, que chaque point de la surface du globe est perpétuellement en mouvement et dans des directions très-variées: il n'existe même pas d'objets matériels acces-

sibles à nos sens que nous puissions considérer comme absolument immobiles, ou simplement immobiles à l'égard les uns des autres, puisqu'il est vrai que les variations continuelles de la température, auxquelles tous les corps sont soumis, tendent toujours à produire quelque changement imperceptible dans leur distance respective.

Ainsi, lorsque nous disons qu'un corps est complètement en repos, c'est seulement par comparaison avec l'espace dans lequel il est contenu; car, du moment qu'un corps pourrait exister dans un repos absolu, nous ne saurions imaginer une ligne entièrement droite, et nous n'aurions aucun moyen de nous en assurer.

Mais il ne suffit pas d'observer l'accroissement ou le décroissement de distance d'un point à un autre; il convient aussi d'examiner leur situation successive à l'égard des autres points qui les environnent; et alors ces points doivent être en repos entre eux afin qu'on puisse les considérer comme un espace ou une surface fixe, que l'on définit alors un espace ou une surface dont tous les points restent toujours à des distances

égales, sans aucune influence extérieure.

Lorsqu'un point est en mouvement par rapport à l'espace en repos, on l'appelle *point mouvant;* et la ligne droite qui joint deux de ses situations, immédiatement contiguës, se nomme la *direction.* Si ce point reste continuellement dans une ligne droite traversant l'espace en repos, cette ligne sera toujours celle de sa direction; s'il décrit plusieurs lignes droites, chaque ligne est la ligne de sa direction aussi long-temps qu'il continue à la parcourir; mais si le chemin parcouru devient courbe, on ne peut plus le considérer comme coïncidant parfaitement, en aucun temps, avec une ligne droite; si l'on suppose alors une ligne droite passant par deux points successifs, lesquels se rapprochent indéfiniment l'un de l'autre, nous pourrons apprécier la ligne de direction. Or, cette ligne a reçu, en géométrie, le nom de *tangente,* parce qu'en effet elle rencontre la courbe, sans la couper, pourvu toutefois que cette dernière soit continue (Pl. I, fig. 1 et 3.)

SECTION PREMIÈRE.

Lois du mouvement.

Maintenant que nous avons une idée exact de la nature du mouvement et de ses pro priétés, nous pouvons procéder à la con naissance des lois mécaniques auxquelles i est assujéti : elles dérivent de l'essence de définitions ci-dessus énoncées. La premièr est « qu'un point en mouvement ne quitt jamais la ligne de sa direction, sans un cause perturbatrice; » car une ligne droit étant partout la même, on ne saurait s'expliquer pourquoi le point doit se détourner plus d'un côté que de l'autre ; et l'on doit en conclure que le point en mouvement conserve la même situation à l'égard de tous les points de la ligne.

La direction rectiligne du mouvement étant établie, il convient d'expliquer son *uniformité*. Ici il faut se rendre compte de l'idée du *temps*. Définir le temps, dans son acception générale, n'est une chose facile ni nécessaire ; mais nous devons rechercher des mesures de temps égaux. L'idée abstraite

du temps nous vient du souvenir des sensations passées; mais cependant il est évident qu'une mesure intellectuelle de la durée du temps serait fort sujette à erreur. La manière la plus exacte de le calculer, c'est de consulter les modifications que subissent les objets extérieurs en raison du mouvement apparent du soleil, ou mieux de celui des étoiles, comme dérivant de la rotation de la terre sur son axe, qui n'est sans doute pas réellement un mouvement rectiligne continu, mais qui suffit dans la pratique: c'est de cette manière que nous obtenons, par les observations astronomiques, les mesures bien connues de la durée du temps, désignées par les mots jour, heure, minute et seconde.

La mesure égale du temps étant ainsi déduite et évaluée, d'après un mouvement quelconque, » tous les autres corps se mouvant régulièrement, décriront des parties égales et successives de leur ligne de direction, dans des temps égaux. » Telle est la seconde loi du mouvement, laquelle, réunie à la première, constitue le premier axiôme ou loi du mouvement de Newton, savoir : « que tout corps persévère dans son état de

» repos ou de mouvement uniforme en ligne » droite, à moins qu'une autre force ne l'o- » blige à changer. » Mais il est impossible de supposer un corps placé dans des circonstances telles qu'il soit entièrement exempt de l'influence des causes qui peuvent accélérer ou retarder sa marche ; ainsi, par exemple, quand nous considérons le mouvement d'un projectile, nous devons tenir compte particulièrement de la force de gravitation qui vient déranger le mouvement et en modifie tellement l'effet que le corps dévie de la ligne droite quoique restant dans le même plan vertical : sans cela, le corps pourrait continuer à se mouvoir dans tout autre plan que celui-ci, puisqu'alors tous les plans lui seraient indifférens; il doit donc rester dans leur commune intersection, laquelle ne saurait être qu'une ligne droite : cela confirme la loi de la direction rectiligne d'un mouvement régulier, fondée en partie sur des expériences exactes. Quant à son uniformité, elle résulte du frottement et de la résistance combinés avec la loi de la gravitation ; ce que l'on peut démontrer par la coïncidence parfaite entre la théorie et

l'expérience. La tendance de la matière à persévérer dans l'état de repos ou de mouvement uniforme rectiligne, est appelée son *inertie*.

Mais il importe de fixer son attention sur la composition du mouvement qui peut être l'effet de plusieurs mouvemens existant simultanément; sans doute il n'est pas aisé de concevoir tout d'abord l'existence de deux ou un plus grand nombre de mouvemens à la fois, dans le même corps. Et toutefois, si un certain nombre de points se meuvent sur des lignes parallèles, en décrivant des espaces égaux en des temps égaux, ils seront en repos, les uns à l'égard des autres, puisqu'il est facile de démontrer que la distance rectiligne de chacun de ces points ne différera pas de ceux de repos: donc, si tous les points d'un plan quelconque se meuvent de cette manière sur un autre plan, on pourra dire que ces plans sont respectivement en mouvement rectiligne.

Si on suppose maintenant qu'indépendamment du mouvement général de l'un des plans, quelques points ont un mouvement particulier, ceux-ci jouiront de deux mou-

vemens, eu égard à l'autre plan, savoir : l'un en commun avec le plan dont ils font partie, et le second, qui leur appartient en propre : l'effet réuni de ces deux mouvemens à l'égard du second plan, s'appelle la *résultante*. Ainsi lorsqu'une voiture se meut sur une route parfaitement unie, tous ses points décrivent des lignes parallèles, et elle est dans un mouvement rectiligne par rapport à la route ; ses roues participent aussi, non-seulement de ce mouvement, mais encore d'un mouvement de rotation qui leur est propre. La résultante des deux mouvemens de chacun des points que les roues décrivent, suivant un plan vertical en repos, s'appelle la *cycloïde* ou *trochoïde*.

Aristote, dans ses *problêmes de mécanique*, nous a enseigné une des lois fondamentales du mouvement ; il dit « que si un corps se meut suivant deux mouvemens dans un rapport constant entre eux, il décrira nécessairement une ligne égale à la diagonale d'un pallélogramme dont les côtés seraient en rapport avec les deux mouvemens séparés. » Or, cette proposition s'applique non-seulement aux mouvemens uniformes, mais

aussi aux mouvemens accélérés ou retardés dans le même rapport ; et il est bien étonnant que deux mille ans se soient écoulés avant que cette loi reçût son application pour déterminer l'action des forces perturbatrices, si ingénieusement déduite par Newton.

Aussi, en parlant des lois du mouvement qui servent de base à son livre *des Principes,* ce grand auteur, prenant en considération les forces perturbatrices, en conclut pour premier corollaire, « qu'un corps décrit la diagonale d'un parallélogramme suivant deux forces agissant simultanément, dans un temps égal à celui qu'il mettrait à décrire les côtés du parallélogramme, si ces forces agissaient séparément. »

On obtiendra facilement la composition d'un nombre de mouvemens quelconques, en les combinant deux à deux ; de là, si on suppose des mouvemens égaux représentés par les côtés d'un polygone placé dans un corps en mouvement, suivant des directions parallèles à ces mêmes côtés, on conçoit qu'ils s'entre-détruiront, et le corps restera en repos.

Si les mouvemens que l'on veut combiner

sont nombreux et variés, il est souvent convenable de résoudre chaque mouvement en trois parties, réduites aux directions de trois lignes données perpendiculaires les unes aux autres. Alors il devient aisé de reconnaître à l'aide d'une simple addition ou soustraction, la résultante générale d'un nombre de mouvemens quelconques. Nous citerons pour exemple le vol d'un oiseau se dirigeant obliquement vers le nord, le sud, l'est ou l'ouest, et en même temps en haut; nous pourrons ainsi déterminer sa place, et établir l'élévation angulaire de son trajet, la vitesse et la direction de son mouvement.

SECTION II.

Des forces accélératrices.

Il convient maintenant que nous rendions compte des causes qui produisent ou détruisent le mouvement. Toute cause d'un changement de mouvement des corps, dans un milieu en repos, se nomme *force :* ou en d'autres termes, toute cause qui communique le mouvement à un corps en repos, ou qui l'augmente, le diminue ou le modifie dans un corps antérieurement en mouvement

prend le nom de *force*. Ainsi la gravitation qui sollicite une pierre à tomber vers la terre s'appelle force : mais si cette pierre, après être descendue au pied d'une colline, roule sur un plan horizontal, elle n'est bientôt plus mue par aucune force, et son mouvement relatif continue sans altération, jusqu'à ce qu'il soit graduellement détruit par la force retardatrice du frottement.

Mais quel est le mode immédiat d'action d'une force quelconque, pour produire le mouvement, et comment, par exemple, une pierre gravite-t-elle vers la terre? Il est sans doute, dans certains cas, plus facile de comprendre la nature de l'action d'une force que sa cause : ainsi, lorsqu'un corps en mouvement en rencontre un autre, l'impénétrabilité de la matière nous laissera aisément concevoir de quelle manière le mouvement se communique, puisqu'en effet le premier corps ne saurait continuer sa course sans déplacer le second ; et l'on suppose dès lors que si nous parvenions à découvrir un mouvement impulsif analogue pour la cause de la gravitation, nous aurions une idée exacte de son action : mais il est trop certain que, même dans le cas d'une impulsion apparente,

les corps qui se heurtent les uns contre les autres ne sont réellement pas en contact immédiat; et si l'on peut trouver quelque analogie entre la gravitation et l'impulsion, elle ne pourrait être basée sur l'impénétrabilité de la matière, mais attribuée à l'intervention de quelque agent commun, peut-être impondérable. Or, dans l'ignorance absolue où nous sommes de la nature intime des forces de toute espèce, nous ne fixerons notre attention que sur leurs effets, sans interroger les causes premières.

Descartes pensait que l'état de mouvement était aussi naturel à la matière que celui de repos. Lorsqu'un corps est une fois mis en mouvement, il n'a besoin d'aucune force étrangère pour conserver sa vitesse. D'où il suit que, si un corps en mouvement est soumis à l'action d'une force quelconque, qui le pousse dans la ligne de sa direction, son mouvement sera accéléré ou retardé, suivant que la direction de cette force agira dans le même sens que le mouvement ou qu'elle lui sera contraire. Ainsi, une pierre qui commence à tomber ou qu'on lance du haut en bas, ne conserve en aucune façon la même

vitesse durant sa chute, mais acquiert un mouvement de plus en plus accéléré. Nous savons que plus un corps tombe de haut, plus il devient nuisible à tout ce qui s'oppose à sa marche : de même que lorsqu'une balle est lancée dans l'air, elle perd graduellement de son mouvement ascendant, par l'effet de la gravitation, jusqu'à ce que cette force, qui devient alors une cause de retard, l'oblige à redescendre.

Il conviendrait ici de dire ce que c'est que la *vitesse :* il est plus facile de comprendre ce mot dans son acception ordinaire, que d'en donner une définition exacte. On peut dire que « la vitesse d'un corps est la quantité ou le degré de son mouvement, indépendamment de sa masse et de sa grandeur. » Son évaluation pourrait toujours être mesurée par l'espace décrit dans un temps donné, soit une seconde, si ce mouvement restait uniforme et invariable; si le mouvement est troublé, on mesure la vitesse par le chemin fictif qu'aurait parcouru le corps dans l'hypothèse où son mouvement serait resté uniforme.

Si l'accroissement ou le ralentissement

de la vitesse d'un corps en mouvement est uniforme, on dit que sa cause est une *force uniforme,* attendu que les espaces parcourus dans un temps donné, avec la vitesse actuelle uniformément continuée, seraient toujours également augmentés ou ralentis par l'action d'une telle force.

La puissance de la gravitation, laquelle agit sur ou près la surface de la terre, peut, sans erreur sensible, être considérée comme une force de cette nature. Son décroissement en raison du carré des distances est difficilement appréciable pour les hauteurs les plus grandes que nous puissions atteindre, et par les moyens d'expérience les plus délicats.

La vitesse produite par toute force uniformément accélérée est proportionnelle à la grandeur de cette force et à la durée de son action. Quand les forces sont de cette nature, on conçoit aisément que chaque portion égale de temps ajoutant des quantités égales à la vitesse, celle-ci est proportionnellement augmentée ou diminuée : mais si les forces sont différentes, les vitesses diffèrent dans le même rapport, puisque les

vitesses engendrées donnent la mesure des forces. Ainsi, une force double dans un temps double engendre une vitesse quadruple. On peut déduire des lois qui président à la composition du mouvement, qu'une force productrice d'une vitesse double doit bien exactement s'appeler une force double; car lorsque les côtés égaux du parallélogramme qui représentent deux forces ou deux mouvemens séparés se rapprochent l'un de l'autre et coïncident enfin dans leur direction, la diagonale du parallélogramme représentant leur effet réuni est égale à la somme des côtés (fig. 3 et 4.).

S'il fallait déterminer la grandeur de tout l'espace parcouru dans un temps donné, par une vitesse uniformément croissante, nous nous appuierions sur cette loi découverte par Galilée, que « l'espace décrit est en raison du carré du temps de la descente, ou bien qu'il est égal à la moitié de l'espace parcouru dans un temps semblable à celui de la vitesse entière. » Cette loi est une des plus intéressantes en mécanique. Sa démonstration est facile, si l'on compare le temps avec la base, et la vitesse avec la perpendi-

culaire d'un triangle qui augmente incessamment, et dont l'aire représente l'espace décrit; et l'on peut voir, d'après la machine d'Atwood (1), qu'un espace quadruple est toujours parcouru dans un temps double, quelle que soit la grandeur de la force : d'où il suit que, si les forces varient, les espaces sont proportionnels aux forces et aux carrés des temps réunis.

On peut également démontrer que si un corps en tombant parcourt un pied par seconde, à l'aide d'une certaine force, il faudra une force quadruple pour lui faire parcourir le même espace en une demi-seconde : et, en principe, lorsque les espaces sont égaux, les forces sont proportionnelles aux carrés des vitesses. Dans tous les cas où l'espace et la force restent les mêmes, que la force soit uniforme ou non, les carrés de deux vitesses quelconques à l'aide desquelles différens corps seront lancés dans l'espace recevront une impulsion égale pendant leur trajet.

Si une force agit dans une direction op-

(1) Voir cette machine et sa description dans la PHYSIQUE.

posée à celle d'un corps en mouvement, nous pourrons facilement évaluer le retard qu'elle occasione, en comparant le mouvement avec celui d'un autre corps accéléré par la même force : car la perte du mouvement dans un corps ascendant est proportionnelle à l'impulsion qu'il reçoit dans sa chute, après avoir atteint sa plus grande hauteur. Il suffira donc alors de calculer à quelle hauteur il peut s'élever suivant une vitesse donnée, pour apprécier le retard que lui fera éprouver la force de gravitation.

SECTION III.

Des forces centrales.

On a vu que la vitesse engendrée par une force accélératrice est proportionnée au temps de son action; de même que l'espace parcouru est dans le rapport du carré des temps; étudions maintenant des cas plus compliqués de l'action de ces forces. Si elles sont dirigées vers un point quelconque, pris hors de la ligne de leur mouvement, elles deviennent *forces centrales*, et nous en avons un exemple dans la gravitation appliquée

aux mouvemens planétaires : mais, si ce point devient extrêmement distant, comparativement à la longueur du trajet parcouru par le corps, de telle manière que la force agisse, pour ainsi dire, suivant des lignes parallèles, ce corps prend le nom de *projectile*, comme, par exemple, un boulet lancé horizontalement ou obliquement.

De là vient qu'on a donné le nom de *force centripète* à la puissance accélératrice qui, faisant un angle avec la ligne de direction d'un corps mouvant, le fait dévier de cette ligne; on donne aussi la dénomination de *force centrifuge* à cette tendance d'un corps à persévérer dans son mouvement rectiligne tant qu'une force centripète ne s'y oppose pas.

On peut aisément se rendre compte de la force centrifuge, en observant une pierre placée dans une fronde à laquelle on imprime un mouvement vertical; la pierre atteint le sommet le plus élevé de son orbite, et cependant elle adhère encore à la fronde malgré son propre poids ; parce qu'alors la force centrifuge l'emporte sur la force de gravitation.

Lorsqu'un corps est retenu dans un orbite circulaire par une force tendant au centre, sa *vitesse* est dans tous les points égale à celle qu'il acquerrait dans sa chute à l'aide d'une force semblable, en la supposant uniforme, s'il tombait de la moitié du rayon ou du quart du diamètre. Cette proposition donne une méthode très-facile de comparer les effets des forces centrales avec ceux des forces accélératrices simples, et mérite, sous ce point de vue, qu'on en fasse mention.

A l'aide de cette proposition, il nous devient aisé de calculer la vitesse qu'il faudra imprimer à une fronde d'une longueur donnée, pour maintenir une pierre dans toutes les positions; et en supposant que le mouvement donné soit vertical, il est évident que la pierre, parvenue au sommet de son orbite, tendra à tomber, à moins que la force centrifuge ne soit au moins égale à la force de gravitation.

On peut aussi démontrer que si deux corps décrivent deux cercles égaux, leurs forces centrifuges sont proportionnelles aux carrés de leurs vitesses. On prouverait encore que si deux corps tournaient dans des

temps égaux, à des distances différentes, les forces qui les retiennent dans leurs orbites sont en rapport direct avec les distances.

En général, les forces sont en raison directe des distances, et en raison inverse du carré des temps de révolution.

Ces principes nous amèneront à retrouver la loi découverte par Kepler sur les mouvemens des planètes, et dont Newton a le premier donné la démonstration à l'aide de considérations mécaniques, savoir, « que si les forces varient en raison inverse du carré des distances, comme lorsqu'il s'agit de la gravitation, les carrés des temps de révolution sont proportionnels aux cubes des distances. » Ainsi, si la distance d'un corps au centre est quatre fois aussi grande que celle d'un autre corps, le cube de quatre étant soixante-quatre, qui est le carré de huit, le temps de la révolution de celui-ci sera huit fois aussi grand que le temps de la révolution du premier objet.

Nous avons supposé jusqu'ici que l'orbite décrit par un corps roulant circulairement était un cercle parfait; mais il arrive souvent dans la nature, comme, par exemple, pour

tous les mouvemens planétaires, que cet orbite s'éloigne plus ou moins de la ligne circulaire; et dès lors nous devons faire usage de cette loi que nous devons à Kepler, que « la ligne droite qui joint le corps tournant et son centre d'attraction décrit toujours des aires égales dans des temps égaux, et que sa vitesse est constamment en rapport inverse à la perpendiculaire tirée du centre à la tangente. »

C'est encore au génie de Kepler que nous devons de savoir que « chaque planète roule dans une ellipse dont le soleil occupe un des foyers. » Mais Newton en a tiré cette conséquence, que « la force qui fait mouvoir un corps dans une ellipse est en raison inverse du carré des distances. » Nous n'avons point de preuves expérimentales à l'appui de ce théorême; et toutefois les observations astronomiques sont tellement précises, qu'elles deviennent décisives.

Il est encore une proposition générale dont on fait quelquefois usage pour comparer les mouvemens rectilignes et curvilignes. Lorsque deux corps sont attirés de la même manière vers un centre commun,

c'est-à-dire par des forces égales à des dis tances égales, si leurs vitesses sont une foi égales à des distances égales, elles resteron toujours égales aux distances égales, quelle que soient leur direction. On emploie com munément cette proposition pour arriver à démontrer la loi à laquelle est assujétie la force qui oblige un corps à parcourir un ellipse; mais il est une méthode plus simpl d'interpréter cette loi, par quelques pro-priétés de la courbure de l'ellipse.

Lorsqu'on parle du mouvement des pro-jectiles, on peut, sans erreur sensible, consi dérer la force de gravitation comme un force uniforme agissant suivant des ligne parallèles perpendiculaires à l'horizon. En effet, si nous nous transportons à la hauteu d'un mille au-dessus de la surface de la terre la pesanteur d'un corps quelconque est di-minuée d'un $\frac{2}{1000}$ ou 3 grains $\frac{1}{2}$ par livre, et nous pouvons nous rendre compte de cett différence par les vibrations du pendule, qu deviennent un peu plus lentes s'il est port au sommet de montagnes très-élevées.

Le mouvement oblique d'un projectil sera aisément compris, en partageant sa vi-

tesse en deux parts, l'une horizontale, l'au-
re verticale. Il est evident, d'après la théorie
de la composition du mouvement, que la vi-
esse horizontale n'est point dérangée par la
orce de gravitation, qui agit perpendiculai-
ement par rapport à elle, et devient dès lors
uniforme, et que le mouvement vertical est
e même que si le corps n'avait pas de mou-
vement horizontal.

Par conséquent on peut toujours déter-
miner la plus grande hauteur à laquelle un
projectile peut s'élever, en calculant l'éléva-
ion de laquelle il faudrait qu'un corps tom-
bât, pour obtenir une vitesse égale à sa vi-
esse verticale, ou sa vitesse d'ascension, c'est-
à-dire en élevant au carré un huitième du
nombre de pieds qu'il parcourrait dans la
première seconde si rien ne s'opposait à sa
marche. Il devient dès lors facile de trouver
e temps qu'un corps met à s'élever, d'après
a vitesse initiale; car le temps d'ascension
st en rapport direct de la vitesse.

On démontrera aussi que la portée hori-
ontale d'un corps projeté par une vitesse
donnée est toujours proportionnelle au si-
nus de deux fois l'angle d'élévation : c'est-à-

dire à l'élévation de la bouche du canon dans une position horizontale double de la position actuelle. D'où il suit que la plus grande portée horizontale aura lieu lorsque l'élévation est la moitié d'un angle droit, en supposant que le corps se meuve dans le vide. Dans l'air, la résistance augmentant avec la portée, et la même cause faisant que l'angle de devant est beaucoup plus grand que celui d'élévation, il en résulte que la direction la plus avantageuse de la pièce est un peu moindre que quarante-cinq degrés, et si la vitesse est très-grande, elle peut se réduire à trente degrés.

Le trajet d'un projectile qui se meut sans résistance, décrit toujours une parabole. La découverte de cette intéressante proposition est due à Galilée : elle découle naturellement de la doctrine de la composition du mouvement, combinée avec les lois que ce philosophe a établies relativement à la chute des corps pesans. Mais, dans les applications sur une grande échelle, où la vitesse d'un projectile est très-considérable, la résistance opposée par l'air atmosphérique est tellement grande, que la proposition de Galilée

st presque inutile, et la détermination exac-
: de la portée, avec toutes les circonstances
ui peuvent l'influencer, est environnée de
ifficultés pour ainsi dire insurmontables.
l résulte des expériences de Robins que la
ésistance de l'air à l'égard d'un boulet de
uatre pouces et demi de diamètre, parcou-
ant huit cents pieds en une seconde, est
gale à quatre fois son poids, et que plus la
itesse est considérable, plus la résistance
st grande.

SECTION IV.

Du mouvement sur des courbes données.

Nous avons considéré jusqu'ici les prin-
ipales données du mouvement, soit en ligne
roite, ou simplement soumis à une force
ccélératrice, retardatrice ou perturbatri-
e; voyons maintenant les effets d'une mo-
ification additionnelle qui a lieu lorsque
: mouvement est limité suivant une ligne
u une surface données, quelles qu'elles
oient: par exemple, en supposant le corps
lissant sur la surface d'un solide, ou re-
enu par un fil à une surface imaginai-
e, ou encore plus étroitement arrêté au

moyen de deux fils qui ne lui permettent de mouvoir que suivant une ligne donnée. La *suspension* est le procédé le plus convenable pour faire des expériences sur des mouvemens de ce genre; mais il n'est pas toujours facile de maintenir le corps dans la surface requise; et ce procédé ne permet pas de le maintenir dans une surface parfaitement plane.

Lorsqu'on place un corps sur un *plan incliné*, la force qui le fait descendre dans la direction du plan est à toute la force de gravitation, comme la hauteur du plan est à sa longueur. Les principes de la composition du mouvement, aussi bien que la doctrine de l'équilibre des forces, rendent parfaitement compte de cette vérité. Toutefois, à cause du frottement, nous dirons que les vitesses se rapprochent singulièrement de celles obtenues par le calcul. Ainsi sur un plan incliné d'un pouce sur trente-deux, une balle parcourra un peu moins de deux pieds en deux secondes, au lieu de soixante-quatre.

C'est aussi une conséquence des lois des forces accélératrices, que si deux corps des-

cendent sur des plans inclinés, de hauteurs égales, mais de différentes inclinaisons, les temps de descente sont proportionnels aux longueurs des plans, et les vitesses finales sont égales. Ainsi, un corps acquiert une vitesse de trente pieds deux dixièmes par seconde, après être descendu quinze pieds un dixième, soit en ligne verticale, ou en direction oblique : mais le temps de descente surpasse d'autant plus la durée d'une seconde, que le trajet en ligne oblique est plus grand que quinze pieds un dixième.

La vitesse d'un corps descendant sur une surface donnée, est la même que celle d'un corps tombant librement d'une hauteur égale, non-seulement quand la surface est plane, mais encore lorsqu'elle est une courbe continue, dans laquelle le corps est maintenu par un fil, ou qu'il s'appuie sur une surface régulière quelconque, en le supposant exempt de tout frottement. A l'aide d'une boule suspendue, on peut aisément démontrer que sa vitesse est la même, quelle que soit la forme de son trajet, lorsqu'elle descend d'une hauteur égale, en observant la hauteur à laquelle elle s'élève du côté op-

posé, à partir du point le plus bas. Si on altère la forme de son trajet descendant en plaçant des épingles à différens points, de manière à contrarier la direction du fil qui porte la boule, et former successivement des centres accidentels de mouvemens, nous reconnaîtrons à chaque expérience que le corps s'élève à une hauteur égale à celle dont il est descendu, à une très-légère différence près, qu'il faut attribuer au frottement (fig. 5).

De là vient l'idée qu'on attache au mot *force ascendante*, qui correspond à celle plus concise du mot *énergie*, par lequel on exprime la tendance d'un corps à s'élever ou à atteindre une certaine distance, en opposition à une force retardatrice.

Les applications les plus importantes du mouvement sur des courbes données sont celles qui ont rapport aux propriétés des *pendules*. La plus simple est celle du mouvement d'un corps dans une *cycloïde;* la cycloïde est une courbe qui possède plusieurs particularités : nous avons déjà vu qu'elle est décrite par un point donné, pris dans la circonférence d'un cercle qui s'avance en ligne droite (fig. 6).

Si un corps, suspendu par un fil, oscille entre deux cycloïdes, il décrira une autre cycloïde égale par le développement du fil; et le temps de la vibration sera le même en quelque endroit de la courbe qu'il commence à descendre. De là vient qu'on dit que les vibrations d'un corps mouvant dans une cycloïde sont isochrones ou égales en durée.

Le temps absolu de descente ou d'ascension du pendule, dans la cycloïde, est au temps durant lequel tout corps pesant tomberait de la moitié de la longueur du fil, comme la demi-circonférence d'un cercle est à son diamètre. D'où on peut conclure que puisque les temps de la chute dans tous les espaces sont en raison des racines carrées de ces espaces, les temps de vibration de différens pendules sont comme les racines carrées de leurs longueurs.

Il y a un principe général du mouvement curviligne, qui en lui-même est de peu d'importance et plus usité dans la pratique, mais que nous mentionnerons toutefois comme ayant été regardé, par quelques philosophes, comme une des lois fondamentales

de la nature. De toutes les courbes qu'un corps puisse décrire dans son mouvement d'un point à un autre, il choisit toujours celle dans laquelle, si l'on suppose que sa vitesse soit partout multipliée par la distance qu'il parcourt, la somme des produits infiniment petits sera un minimum, c'est-à-dire moindre qu'aucune autre route qu'il aurait pu prendre. Cette loi a reçu le nom de *principe de la moindre action.*

SECTION V.

Du mouvement des masses simples.

Nous n'avons eu égard jusqu'à présent qu'aux mouvemens d'un ou plusieurs points pris isolément, ou des atomes seulement, sans nous occuper du volume ou de la masse d'un corps mouvant; mais il est indispensable de fixer notre attention sur la différence de la masse des corps en mouvement.

L'*inertie,* ou la tendance à persévérer, soit dans l'état de repos, soit dans un mouvement uniforme en ligne droite, est une propriété inhérente à la matière, et peut être considérée comme proportionnelle à la

masse ou au poids d'un corps. Si l'on examine un système de corps, leur inertie peut être rapportée à un point unique, que l'on appelle *centre d'inertie*. Le centre d'inertie de deux corps est, sur une ligne droite allant de l'un à l'autre, le point qui partage cette même ligne en deux parties telles, que l'une est à l'autre comme la masse du corps qui en est plus distant est à celle du corps le plus rapproché ; par exemple, si un corps pèse une livre et un autre deux livres, et que leur distance soit de trois pieds, le centre d'inertie est alors à deux pieds du corps le plus petit et à un pied du plus gros ; et la distance de chacun est à la distance totale, comme le poids de l'un est au poids entier : d'où il suit que les sommes des poids multipliés par les distances sont égales, puisque deux, multiplié par un, est égal à un multiplié par deux.

Ce point est plus communément appelé *centre de gravité* et quelquefois *centre de position*. Mais comme il jouit de plusieurs propriétés indépendantes de la pesanteur, il ne doit pas tirer son nom de la gravitation, et la dénomination de *centre d'inertie* com-

mence maintenant avec raison à être généralement adopté.

Le centre d'inertie de deux corps quelconques à l'état de repos, reste en repos, quelle que soit l'action réciproque de ces corps; c'est-à-dire malgré l'action qu'exercent les particules de chacun d'eux, en augmentant ou diminuant leur distance. Cette importante propriété reçoit des applications très-remarquables : il en est de même des forces attractive et répulsive.

Cette propriété du centre d'inertie, admise comme loi du mouvement, nous permettra d'apprécier, plus exactement qu'on ne le fait communément, la quantité de mouvement de différens corps. Car, puisque la même action réciproque ne produit, sur un corps du poids de deux livres, que la moitié de la vitesse qu'elle produit sur un corps pesant une livre, la cause étant la même, les effets doivent être considérés comme égaux, et la quantité de mouvement doit toujours être mesurée par la somme des rapports de masse à masse, et de vitesse à vitesse, c'est-à-dire, par le rapport des produits obtenus en multipliant le poids de

chaque corps par le nombre exprimant sa vitesse : on donne à ces produits le nom de *moment des corps.*

Mais ce n'est point assez d'avoir déterminé le centre d'inertie de deux corps seulement, considérés comme points isolés, puisqu'en général on opère sur un beaucoup plus grand nombre de points. Or, on peut toujours représenter le mouvement du centre d'inertie d'un système de corps mouvans, en supposant leur masse réunie en un seul corps, qui recevra en même temps un moment égal à celui de chacun des corps du système, dans une direction parallèle à ce mouvement. Il est souvent plus convenable de rapporter tous les mouvemens de ce corps imaginaire à trois directions données, et de conserver de toutes les résultantes trois sommes, qui représenteront le mouvement du centre d'inertie du système.

Il est évident que le résultat de tout nombre de mouvemens uniformes et rectilignes, ainsi présenté, sera aussi un mouvement uniforme et rectiligne : et en conséquence, le centre d'inertie d'un système de corps mouvans, non troublé, est ou à l'é-

tat de repos, ou mu également en ligne droite.

Les produits de la masse ou du poids d'un nombre de corps, quel qu'il soit, multipliés par sa distance d'un plan donné et réunis en une somme, seront égaux à tout le poids du système, multiplié par la distance du centre commun d'inertie dans le même plan. Cette proposition sera également vraie, si aux distances les plus courtes, nous substituons les distances du même plan mesurées obliquement, dans toutes les directions, et toujours parallèles les unes aux autres. Cette propriété est spécialement applicable au centre de gravité, et fournit les moyens les plus faciles de le déterminer dans les corps de formes compliquées (fig. 7 et 8).

Nous avons déjà vu que la place du centre d'inertie de deux corps n'est dérangée par aucune action réciproque entre eux : cela est également vrai pour un système de trois ou un plus grand nombre de corps; mais cette démonstration serait trop compliquée, sans apporter plus de lumière sur ce sujet.

Toutes les forces de la nature, du moins

celles que nous connaissons, agissent réciproquement entre deux masses matérielles, de manière que deux corps se repoussant ou s'attirant l'un l'autre, s'écartent ou se rapprochent suivant un mouvement égal. Cette circonstance est généralement comprise par l'énoncé de la troisième loi du mouvement, « que l'action et la réaction sont égales. » Newton observe, à l'égard de cette loi, que « la réaction est toujours contraire et égale à l'action, ou que l'action mutuelle de deux corps est toujours égale et dirigée en sens contraire. » Il ajoute : « Si un corps attire ou en presse un autre, il est lui-même attiré ou pressé dans le même rapport. »

L'action attractive ou répulsive de deux corps l'un sur l'autre, dépend en partie de leur grandeur. Si ces corps sont de la même espèce, leur action mutuelle s'exerce dans le rapport composé de leurs volumes, c'est-à-dire dans le rapport des produits des nombres qui expriment leurs volumes. Par exemple, si deux corps, contenant chacun un pouce cubique de matière, s'attirent ou se repoussent avec la force d'un grain, et qu'il y ait deux autres corps, l'un contenant deux

pouces, l'autre dix, de la même matière, l'action réciproque d'attraction ou de répulsion de ceux-ci sera représentée par vingt grains; car dix pouces de l'un sont attirés par deux pouces de l'autre avec la force d'un grain. Dès lors l'action réciproque de trois et dix est trente; de quatre et dix, quarante: d'où il suit que lorsque l'un des corps reste le même, l'attraction est dans le rapport simple du volume de l'autre. Ainsi la quantité de matière, dans tous les corps qui nous environnent, est considérée comme proportionnelle à son poids: car l'expérience nous apprend que tous les corps matériels sont également soumis à la gravitation vers la terre, et sont de la même espèce, eu égard à cette force : la différence apparente de vitesse avec laquelle certaines substances traversent l'atmosphère, n'est due qu'à la résistance de l'air, ainsi que le démontre la chute d'une plume et d'une pièce d'or, sous le récipient de la machine pneumatique; c'est pourquoi nous supposons que la différence des poids de diverses substances, sous des volumes égaux, ne dépend que du plus ou moins grand nombre des particules con-

tenues dans un espace donné, indépendamment des autres caractères qui constituent les différences spécifiques de ces substances.

Si deux corps agissent l'un sur l'autre avec des forces proportionnelles à une puissance quelconque, soit au carré ou au cube, les forces seront aussi proportionnelles à la même puissance de chacune des distances de leur centre commun d'inertie. Ainsi, pour les mouvemens planétaires, si un corps accomplit sa révolution au moyen de la force attractive d'un autre, cet autre ne saurait rester complètement en repos; mais comme il est plus convenable de déterminer l'effet de l'attraction, comme dirigée vers un point fixe, nous considérons la force comme résidant dans le centre commun d'inertie des deux corps, lequel reste à l'état de repos, en tant qu'il n'est question que de l'action réciproque de ces deux corps; et l'on peut démontrer que la force diminue dans le même rapport qu'augmente le carré de la distance des corps, à partir de ce point ou de tout autre. Les forces réciproques de deux corps pourront donc être envisagées comme dirigées vers leur centre commun d'inertie, con-

sidéré comme point fixe : mais il arrive souvent que la différence de grandeur étant très-considérable, on néglige le mouvement de l'un des corps. C'est ce qui a lieu à l'égard du soleil par rapport au mouvement des planètes.

SECTION VI.

De la pression et de l'équilibre.

Une force contre-balancée par une autre, en sorte qu'il n'en résulte aucun mouvement, engendre une *pression* : ainsi nous exerçons une pression continuelle, par notre poids, sur la terre où nous marchons, le siége sur lequel nous sommes assis, le lit sur lequel nous dormons; mais du moment que nous tombons ou que nous sautons, nous n'exerçons ni n'éprouvons aucune pression.

Pour mesurer la pression, rien ne nous empêche de comparer deux pressions, en examinant les mouvemens élémentaires qu'elles produiraient si l'obstacle était écarté; et rien ne s'oppose ici à appliquer les lois de la composition du mouvement; car, puisque nous mesurons les forces par les mouvemens qu'elles engendrent, il en résulte que la

composition des forces est renfermée dans la doctrine de la composition des mouvemens. Et si nous combinons trois forces d'après les lois du mouvement, il n'y a pas de doute que le mouvement qui en résultera ne soit dans tous les cas bien véritablement déterminé, quelle que soit d'ailleurs sa grandeur; l'on ne peut pas dire qu'il en soit autrement si le mouvement disparaît et que la force devienne une pression. C'est le cas d'une fraction, dont la valeur reste la même, lorsque son numérateur et son dénominateur deviennent moindres qu'aucune quantité nominale.

Nous devons donc regarder *le moment*, ou la quantité de mouvement qu'occasionerait une force en action, comme la mesure de la pression qu'elle exercerait; et entendre par pressions égales ou proportionnelles, celles produites par des forces qui engendreraient des momens égaux ou proportionnels dans un temps donné; d'où l'on doit conclure que deux pressions contraires se neutraliseraient, si les momens que produiraient séparément les forces, dans des directions opposées, sont égaux; et qu'une

pression, quelle qu'elle soit, en contre-balancerait deux autres, si le moment qu'elle produirait était égal et contraire au moment résultant de la somme des autres forces.

Il résulte des lois de la composition du mouvement, que le résultat de deux pressions, exprimées par les côtés d'un parallélogramme, sera représenté par sa diagonale, et que si un corps reste en repos au moyen de trois pressions, c'est qu'elles seront en rapport de puissance les unes avec les autres, comme les côtés d'un triangle parallèles à leurs directions.

Les problêmes les plus importans relatifs à l'équilibre, sont ceux qui ont rapport aux *machines*, qu'on appelle communément *puissances mécaniques*. Nous n'entrerons pas toutefois, quant à présent, dans le détail des propriétés et des usages de ces machines; nous les considérerons d'abord à l'état de repos, attendu que la détermination de leurs mouvemens réclame des considérations plus élevées, et que leur application appartient à une autre division de notre sujet.

Il est une loi générale de l'équilibre mécanique, qui renferme les principales pro-

priétés de la plupart de ces machines. Si deux ou un plus grand nombre de corps réunis sont suspendus en un point donné, ils seront en repos, si leur *centre d'inertie* est dans la ligne verticale passant par le point de suspension.

De là vient que le centre d'inertie reçoit le nom de *centre de gravité :* on le trouve, dans la pratique, en déterminant l'intersection de deux lignes qui deviennent verticales suivant deux positions dans lesquelles le corps est en repos. Ainsi, en suspendant une planche de forme irrégulière, en deux points successifs, et déterminant la situation de la verticale dans chaque position, leur intersection donnera le centre de gravité ; et l'on trouvera que cette intersection sera la même, quelles que soient les positions dont on fait usage.

Le degré de *stabilité de l'équilibre* est d'une grande importance dans plusieurs procédés mécaniques. Comme toutes les quantités variables, la stabilité peut être positive, négative ou neutre. L'équilibre est réellement plus ou moins stable, lorsque le centre de gravité est contraint à monter plus ou moins rapi-

dement, en abandonnant la verticale; l'équilibre est vacillant et la stabilité négative, lorsque le centre de gravité descend pour être déplacé; mais quand le centre de gravité coïncide avec le centre de mouvement, ou quand son trajet est une ligne droite horizontale, l'équilibre est appelé insensible, ou mieux neutre, et le corps reste dans sa position sans chercher à tomber, ou à retourner dans sa situation primitive (fig. 9).

Des leviers.

Les propriétés des *leviers* de toute espèce sont une conséquence de la loi générale de l'équilibre du centre de gravité. Il suit de la définition que nous en avons donnée, que si deux corps sont attachés à une barre droite d'un poids peu considérable, ils seront suspendus en équilibre par un point fixe ou axe de suspension qui divisera leurs distances en deux parts qui seront en raison inverse de leurs poids. Et conséquemment, si on substitue à ces poids quelques autres forces équivalentes agissant à la même distance de l'axe de suspension, et suivant la même inclinaison que la barre ou levier, les conditions

d'équilibre seront exactement les mêmes. Ainsi, chaque force étant transportée à une égale distance de l'autre côté de l'axe de suspension, et y agissant en direction contraire, l'équilibre restera encore le même. Ceci donne lieu à deux espèces de leviers : le premier, dans lequel le point fixe ou axe de suspension est entre les points auxquels sont appliqués les forces ou les poids; le second, dans lequel les forces sont appliquées en direction inverse, sur le même côté de l'axe de suspension (fig. 10).

La démonstration des propriétés fondamentales du levier nous a été donnée d'un grand nombre de manières. Archimède nous en a fourni deux, et tour à tour Huygens, Newton, Maclaurin, le docteur Hamilton et Vince, ont éclairci ce sujet par diverses méthodes.

La *roue* et l'*axe* offrent beaucoup de ressemblance avec le levier. Les propriétés mécaniques des systèmes de *roues dentées*, des *engrenages*, des différentes espèces de *crics*, offrent beaucoup d'analogie, soit avec une série de leviers, soit avec des combinaisons

de cylindres, qui constituent la roue et l'axe.

Le *treuil* ou *tour* est une machine composée d'un cylindre et d'une roue, qui tiennent ensemble; les deux extrémités de l'axe reposent sur des appuis ou tourillons. En faisant tourner la roue, la corde attachée au cylindre s'y enveloppe, et agit sur la résistance à laquelle elle est attachée par l'autre extrémité. Au lieu de roue, on peut se servir de deux leviers qui traversent ce cylindre et se nomment alors *manivelles*. Dans le treuil, la *roue de carrière*, la *grue*, qui sont des machines analogues, l'axe est horizontal; dans le *cabestan*, il est vertical.

Les lois de l'équilibre des *poulies* ont été rapportées, par quelques auteurs, à celles du levier; mais la comparaison est tout à la fois inutile et imparfaite, car la poulie doit être envisagée comme un cylindre mouvant sur un axe, mais simplement dans le but de changer la direction des fils sans frottement.

Une poulie fixe n'offre pas de grands avantages en mécanique : mais avec une poulie mobile, on conçoit qu'un poids peut être

supporté par deux forces équivalant chacune à la moitié du poids appliqué en direction verticale aux extrémités du fil ; si bien qu'à l'aide d'une seule poulie mobile, un corps peut en tenir en équilibre un autre double de son poids (fig. 11 et 12).

Il résulte des lois exposées précédemment et concernant les mouvemens des corps sur des surfaces inclinées, qu'un poids dont l'action est verticale, en tiendra en équilibre un autre s'appuyant sur un *plan incliné*, sans frottement, si le premier est au second comme la hauteur du plan est à sa longueur oblique; et dans ce cas, le pression sur le plan est au poids qui s'y appuie comme la longueur horizontale de ce plan est à sa longueur oblique. Dans la pratique on peut obtenir la mesure de cette pression en substituant à la résistance du plan celle d'un fil qui lui soit perpendiculaire.

Ces mêmes principes s'appliquent à l'équilibre du *coin*, lequel est un solide composé de trois faces planes inclinées les unes aux autres, et terminé par deux triangles.

Si une *étaie* ou une *barre*, s'appuyant contre une surface verticale ou un mur, était

employée à soutenir ou à élever un poids, au moyen d'une force qui attire sa base le long d'une surface horizontale unie, la force horizontale devrait être au poids dans le rapport de la distance du mur, à partir de l'extrémité de l'étaie, à sa hauteur perpendiculaire. C'est d'après ces principes que sont déterminées les conditions d'équilibre des *cintres*, des *dômes* et des *combles.*

L'action de la *vis* résulte du même principe que celui invoqué pour le plan incliné : car, si on fait tourner autour d'un cylindre un coin petit et flexible, par exemple un morceau de carte triangulaire, on forme une vis.

Dans tous les cas d'équilibre que nous venons d'examiner, aussi bien que dans tous ceux qu'on peut imaginer, on trouvera que les forces ou plutôt les poids opposés les uns aux autres sont arrangés de telle façon que, s'ils étaient mis en mouvement, ils donneraient tout d'abord, dans la direction de gravité, des momens égaux et contraires, la vitesse étant d'autant plus grande que l'étendue du poids est plus petite. Ainsi, lorsqu'un poids d'une once, placé sur un levier, à la distance

de quatre pieds de l'axe de suspension, contre-balance un poids de quatre onces à la distance d'un pied, la vitesse avec laquelle l'once descendrait, si le levier était mis en mouvement, serait quatre fois aussi considérable que celle avec laquelle descendrait le poids de quatre onces.

Quelques auteurs ont pensé que cette loi donnait la démonstration de l'équilibre dans tous les cas possibles; car, puisque partout où deux poids se font équilibre, si l'un descend, l'autre doit monter suivant une égale quantité de mouvement, il paraît absurde de supposer que la force de gravitation puisse produire à la fois ces deux effets égaux et contraires.

SECTION VII.

Du choc.

Après avoir recherché les lois et les propriétés du mouvement et du repos des corps simples, sous l'influence d'une ou plusieurs forces; après avoir exploré l'équilibre de ces mêmes forces dans différentes circonstances, il convient d'examiner maintenant

quelques cas simples des mouvemens de divers corps mobiles, agissant réciproquement les uns sur les autres. Dans tous les problèmes de cette espèce, il est très-important de se rappeler le principe général posé ci-devant, concernant le centre d'inertie, dont la place ne subit aucun dérangement par l'action réciproque ou mutuelle des corps qui constituent le système.

Toutes les fois que deux corps agissent l'un sur l'autre de manière à changer la direction de leurs mouvemens respectifs, par des forces quelconques qui maintiennent leur action, à distances égales, sans la diminuer, les vitesses relatives avec lesquelles ces corps s'attirent ou se repoussent seront toujours égales à distances égales. Par exemple, la vitesse avec laquelle une comète descend en s'éloignant du soleil pour s'approcher de la terre , est égale à la vitesse d'ascension dans son retour, quoique, à diverses distances, sa vitesse ait subi des changemens considérables. Dans ce cas , la force agit constamment, et attire les corps l'un vers l'autre; tandis que la force du choc, celle qui a lieu lorsqu'un corps en frappe ou en pousse un

autre, n'agit que durant le temps d'un contact immédiat plus ou moins long, et tend à séparer les corps l'un de l'autre.

Lorsque deux corps viennent à se toucher, leur forme subit jusqu'à un certain point une modification d'autant plus grande, que la vitesse est plus considérable.

En général, la force répulsive est exactement proportionnelle au degré de compression des corps; et s'ils étaient parfaitement élastiques, en reprenant entièrement leur première forme, ils se repousseraient avec une force et une vitesse égale à celle qu'ils avaient en se rencontrant.

Lorsqu'on veut se livrer à des expériences sur le choc, on suspend les corps par des fils, à l'instar des pendules; et l'on mesure facilement leurs vitesses, en notant l'amplitude des arcs qu'ils décrivent dans leurs mouvemens d'ascension ou de descente, en ayant soin d'ajouter à l'appareil un arc gradué, divisé en parties égales. Ceci ressort de ce principe, que les vitesses, dans leur mouvement circulaire de descente, sont toujours proportionnelles aux cordes qui soutendent les arcs décrits.

La quantité de mouvement communiquée par un petit corps élastique à un autre corps plus considérable, est plus grande que le sien propre; et lorsque ce premier corps est d'une dimension comparativement très-petite, il rebondit suivant une vitesse à peu près aussi grande que celle de l'impulsion, et le second corps acquiert un mouvement presque double de celui du premier. Lorsqu'au contraire c'est un corps plus considérable qui en frappe un plus petit, il ne communique qu'un mouvement égal à celui qu'il perd.

Dans la communication de mouvement entre les corps qui ne sont pas élastiques, l'absence d'une force répulsive, susceptible de les séparer suivant une vitesse relative égale, est probablement due à un changement de forme qui a toujours lieu, ainsi que l'indique la compression reçue ou donnée au point de contact. Les corps qui ne jouissent d'aucune élasticité restent en contact après le choc.

Il résulte des propriétés du centre d'inertie que dans tous les cas de choc entre des corps élastiques ou non, la somme des momens de tous les corps d'un système, c'est-

à-dire, de leurs masses multipliées par leurs vitesses, est la même avant ou après leur choc, ramené à une même ligne droite. Quant aux corps parfaitement élastiques, la somme de leur énergie ou force d'ascension, dans leur direction respective, reste toujours la même. Cette expression d'énergie est très-convenable pour exprimer le produit de la masse ou du poids d'un corps par le carré de sa vitesse.

Dans presque toutes les circonstances pratiques de l'emploi des forces, l'effort nécessaire pour produire un mouvement, quel qu'il soit, est proportionnel, non au moment, mais à l'énergie obtenue; puisqu'en effet ces forces, que l'on doit rarement considérer comme forces accélératrices uniformes, agissent généralement avec quelque désavantage, quand la vitesse est déjà considérable.

Une balle élastique du poids de deux onces, mue par une vitesse de trois pieds par seconde, possède, avons-nous dit, une énergie représentée par le nombre dix-huit. Si cette première en frappe une autre à l'état de repos du poids d'une once, sa vitesse sera réduite à un pied par seconde, tandis que

la plus légère acquerra une vitesse de quatre pieds ; et alors l'énergie de la première balle sera représentée par deux, et celle de la seconde par seize, lesquelles sommes réunies forment dix-huit, comme nous l'avons dit. Le moment de la plus grosse est deux, après le choc, celui de la petite quatre, et la somme de ceux-ci est égale au mouvement primitif de la première balle.

Lorsqu'un corps en frappe un second, dans une direction qui ne passe pas par son centre de gravité, l'effet qui en résulte influe sur le mouvement de rotation, si toutefois ce corps est destiné à se mouvoir sur un axe. Ainsi, si nous voulons imprimer une direction donnée à une bille, sur un billard, à l'aide d'une autre bille, nous imaginerons qu'une troisième bille est placé en contact avec la première, immédiatement derrière, dans la ligne du mouvement requis, et nous viserons au centre de cette bille imaginaire : alors la première sera poussée dans le mouvement donné, et la seconde continuera à se mouvoir dans une direction perpendiculaire.

Par une solution analogue du mouvement

d'une balle élastique, nous déterminerons sa course, quand elle est renvoyée par un obstacle fixe. La portion de mouvement qui est dans une direction parallèle à la surface de l'obstacle, ne reçoit aucune diminution; tandis que le mouvement perpendiculaire à ce même obstacle est échangé contre un mouvement égal dans une direction contraire; et les effets réunis de ces deux mouvemens en constituent un autre dans une direction qui est également inclinée à la surface, avec le premier mouvement, mais du côté opposé de la perpendiculaire. Nous en avons un exemple dans les mouvemens des billes d'un billard; car nous voyons que la bande renvoie une bille suivant un angle égal à celui qu'elle formait avant d'y arriver: et si nous voulons que cette bille, dans son mouvement réfléchi, en aille toucher une autre, placée dans une situation donnée, nous supposons une troisième bille située à une distance égale de l'autre côté de la bande, et nous visons cette bille imaginaire: alors notre bille, dans son retour, va frapper la seconde suivant une impulsion directe (fig. 13).

SECTION VIII.

Des mouvemens d'un système de corps.

Les mouvemens des corps isolés agissant les uns sur les autres, en ce qui a rapport aux effets du choc, sont bien moins importans en mécanique que l'étude des phénomènes résultant de la réunion de ces corps, soit qu'ils roulent autour d'un centre commun, soit qu'ils participent du mouvement des uns sur les autres, à l'aide d'appareils mécaniques.

Ce n'est que depuis un demi-siècle environ, que les phénomènes et les effets du mouvement de rotation sont parfaitement connus. Newton s'était trompé dans le calcul de la précession des équinoxes, faute d'investigations assez scrupuleuses à ce sujet; et il est de la plus haute importance, dans le calcul des effets mécaniques, d'apprécier ces phénomènes avec la plus grande exactitude.

L'effet d'un corps mouvant qui communique le mouvement à une masse de corps réunis, de manière à tourner librement autour d'un centre donné, est à la fois proportionnel à la distance de ce centre et à son

moment dans la direction du mouvement à produire. Ainsi, un corps du poids d'une livre, se mouvant avec une vitesse d'un pied par seconde, aura, à l'égard d'un système de corps sur lequel il agirait avec toute sa force, à la distance de trois pieds de leur centre de mouvement, un effet triple de celui qu'il aurait à la distance d'un pied en agissant sur le même système. Un poids double ou une vitesse double produiraient également un effet double. Car, si l'on suppose deux corps inégaux, réunis par une ligne inflexible, et se mouvant avec des vitesses égales dans une direction perpendiculaire à cette ligne, on démontrera, d'après les principes de la composition du mouvement, qu'ils seront complètement arrêtés si l'on place un obstacle au centre de gravité, et dès lors leurs effets sont égaux dans leur mouvement circulaire autour de ce point; ici les momens sont proportionnels aux poids, mais les produits qu'on obtient en multipliant les poids par les distances du centre sur lequel ils agissent sont égaux; et cependant ces produits représentent la puissance de rotation de chacun des corps. D'où il suit que dans

un système de corps qui se meuvent autour d'un point donné, avec des vitesses angulaires égales, l'effet produit par le mouvement de rotation de chaque corps, aussi bien que la force employée pour le faire naître, sont représentés par le produit de la masse par le carré de la vitesse ; puisque, dans ce cas, la vitesse est proportionnelle à la distance du centre ; et ce produit est le même que celui que nous avons précédemment appelé énergie.

Lorsqu'un certain nombre de corps réunis, ou même un corps seul d'une dimension volumineuse, est destiné à se mouvoir autour d'un centre, il est quelquefois nécessaire de rechercher le point de concentration de la masse, afin de lui conserver la même force de rotation, avec la même vitesse angulaire. Ce point se nomme centre de mouvement circulaire, centre de giration, *centre giratoire :* dans un cercle ou portion de cercle tournant autour de son centre, le carré de la distance de ce point au centre est proportionnel au carré du demi-diamètre, et l'effet entier du moment du cercle sur un obstacle agissant à sa circonférence, est exac-

tement la moitié de celui d'une égale quantité de matière qui frapperait l'obstacle avec la vitesse de la circonférence.

Le centre de percussion est également très-essentiel à déterminer pour la solution des problèmes en mécanique. La distance de ce point au centre de mouvement est des deux tiers de la longueur totale, dans une ligne droite ou une barre mince.

Ce même point est aussi le centre d'oscillation dont la distance à un centre donné de mouvement, détermine le temps d'oscillation ou de vibration du corps suspendu à la manière du pendule.

Si on fait usage d'un poids donné ou d'une force équivalente pour enlever un poids égal à l'aide des leviers, des roues, des poulies ou de quelque autre agent analogue, on obtiendra le plus grand effet, si le poids qui agit est susceptible de tenir en équilibre un poids environ deux fois et demie aussi considérable que le sien.

Si l'on construisait une machine destinée à soulever un poids, et qu'elle fût combinée de manière à exécuter cette fonction dans le plus court espace de temps possible, avec

une puissance donnée, le poids arrivé à destination posséderait encore une vitesse considérable et toujours croissante : et pour qu'il conservât sa position, il conviendrait de neutraliser cette vitesse; non pas subitement, car on risquerait d'endommager considérablement la machine, mais graduellement.

C'est mettre au jour une ignorance bien grossière des principes qui régissent la mise en œuvre des machines, que de rechercher dans leur construction la source du mouvement; l'examen des essais qui ont été tentés pour se procurer le mouvement perpétuel, n'a d'autre intérêt que celui de nous démontrer la faiblesse de l'esprit humain ; et on ne s'explique pas comment des hommes ont pu sacrifier des années entières pour n'obtenir d'autre conviction que celle qu'ils eussent retiré d'une semaine d'application à une sage philosophie. Les propriétés du centre de gravité nous démontrent invinciblement l'impossibilité de réaliser le mouvement perpétuel : il suffit d'examiner s'il commence à descendre ou à monter, lorsque la machine se meut, ou bien s'il est en repos:

s'il est placé de manière à conserver l'état de repos ou à monter, les lois de l'équilibre nous démontrent qu'aucun mouvement dû à la gravitation ne saurait avoir lieu; s'il doit descendre, ou il continuera à descendre pour toujours, suivant une vitesse donnée, ce qui est impossible, ou il devra d'abord descendre, monter ensuite, avec un mouvement vibratoire, et ce sera alors le cas du pendule (puisqu'il est vrai qu'aucun mouvement nouveau n'est engendré); mais bientôt son mouvement primitif sera détruit par le frottement et la résistance de l'air.

CHAPITRE II.

De la Statique.

La science de la *Statique* fait connaître la puissance, la direction et le point d'application des diverses forces employées dans la mécanique-pratique, lorsqu'elles se font équilibre ou s'entre-détruisent, et, quand cet équilibre n'existe pas, elle indique les forces propres à le produire. Le mot statique, pris dans un sens positif, ne s'applique qu'à la détermination des poids seulement : mais on

peut l'étendre sans inexactitude à l'évaluation des forces de toute espèce, spécialement aux forces actives que l'on peut comparer avec des poids; de même que sous la dénomination d'hydrostatique, on entend tout ce qui a rapport à l'équilibre des liquides. La mesure de la force passive des matériaux mis en usage, les changemens qu'ils subissent en raison des forces auxquelles ils font résistance, et les lois de la force négative du frottement, sont autant d'élémens qui président à la construction et à l'emploi des machines, et qui rentrent également dans le domaine de la statique.

SECTION PREMIÈRE.

De la mesure des forces.

§ I. — *Des balances et pesons.*

L'art du *pesage* est fort important, puisqu'il nous fournit le seul mode pratique de déterminer la quantité de matière que renferme un corps donné; et pour y parvenir avec sûreté, nous partons de cette loi si bien connue de la gravitation, que le poids de tout corps est proportionnel à la quantité

de matière qu'il contient, et nous jugeons de sa masse par son poids.

On obtient ordinairement le poids d'un corps en le comparant à d'autres poids de dimensions connues : quelquefois aussi la comparaison a lieu à l'aide de la flexion d'un ressort.

Les *poids étalons* ont généralement été déduits d'une mesure convenue d'un corps connu, particulièrement de l'eau. Ainsi, le gramme, dans la série des nouvelles mesures, équivaut à un centimètre cube d'eau pure, dans sa plus grande densité, c'est-à-dire environ à la température de 39° Farenheit ou 4°, 4 du thermomètre centigrade, environ 4° de celui de Réaumur. Il équivaut à quinze $^4/_9$ grains anglais; donc le kilogramme vaut deux livres $^1/_5$, et cinq myriagrammes valent à peu près cent livres pesant (poids anglais).

Les instrumens qu'on emploie pour peser sont les *balances* et les *pesons*. Dans la *balance ordinaire*, les poids des substances comparées sont égaux ; dans une machine composée, on se sert de poids qui, dans une certaine proportion, sont plus faibles que ceux

qu'ils représentent ; dans le *peson* (fig. 14), un poids unique acquiert différentes valeurs, selon les diverses positions qu'on lui donne sur le bras du levier ; et dans la *balance à levier courbe* la position des branches détermine la force du contre-poids. *Le peson à ressort* donne la mesure du poids par le degré de flexion que subit le ressort.

La balance ordinaire doit avoir deux *bras* ou *fléaux* parfaitement égaux, portant à chacune de leurs extrémités un bassin de même poids. Une aiguille perpendiculaire au levier est fixée au-dessus de l'axe de suspension, lequel à son tour est soutenu par deux couteaux, sur une chape verticale. On voit que, d'après la position de l'axe de suspension, relativement aux points d'appui des bassins, l'équilibre doit avoir lieu, ce que l'on reconnaît lorsque les directions de l'aiguille et de la chape coïncident ; on conçoit dès lors que si les bras du levier sont inégaux, les poids le deviennent et la balance est fausse. Il est facile de reconnaître la fraude en changeant les poids de bassin.

Lorsque les longueurs effectives de l'un ou des deux bras du levier peuvent varier

en changeant les points de suspension, suivant les divisions d'une échelle proportionnelle, l'instrument prend le nom de *peson* (pl. 9, fig. 112).

Un ressort, contourné en spirale, disposé de manière à recevoir un crochet à son extrémité par l'intervention d'une barre graduée, donne assez exactement le poids d'un corps suspendu par le crochet : cet instrument s'appelle *peson à ressort*. Toutefois, pour tenir compte de la dilatation que la chaleur peut faire subir à cet instrument, on déduit un pour cinq mille du poids indiqué par le ressort. C'est à l'aide de cette machine qu'on évalue l'intensité exacte des forces développées par les animaux de toute espèce dans le travail qu'on leur fait faire : elle prend quelquefois, dans ce cas, le nom de *dynamomètre*.

§ II. — *Mécanique animale.*

Toutes les actions, ou au moins toutes les actions extérieures des animaux dépendent des contractions et des alongemens des parties charnues qui ont reçu le nom de *muscles*. La manière d'agir particulière à chacun d'eux

est du domaine de l'anatomie et de la physiologie, mais leur mécanisme, qui se rapporte au levier et au centre de gravité, doit être indiqué ici. Les os sont les leviers; les points d'attache, les centres de gravité; et la force est transmise par les muscles, qui sont ordinairement attachés aux os par les tendons. Quand un muscle se contracte dans la direction de ses fibres, il devient plus court; quand il se relâche, il est tout-à-fait passif, car les fibres, étant extrêmement flexibles, ne peuvent avoir que peu ou point d'effet pour séparer les parties auxquelles elles sont attachées. Cette séparation est donc en général opérée par l'action d'autres muscles, appelés les antagonistes des premiers, quelquefois par des ligamens élastiques, quelquefois par d'autres moyens. L'os forme un levier du deuxième ordre, où les deux forces opposées l'une à l'autre sont du même côté du centre de gravité. En général, l'insertion d'un muscle a lieu beaucoup plus près du centre de gravité que le point d'action, et l'obliquité de sa direction cause un désavantage mécanique encore plus grand par rapport au pouvoir de rotation ; mais il est plus

convenable, dans l'économie animale, de produire une grande force contractile, plutôt que d'avoir beaucoup de développemens dans le mouvement premier.

Borelli a calculé que la force immédiate du biceps ou du muscle qui plie le bras, équivaut à trois cents livres, et que celle des muscles qui font mouvoir la mâchoire inférieure équivaut chez l'homme à cinq cents livres, mais est bien supérieure chez les animaux carnassiers.

§ III. — *Forces motrices.*

Dans l'examen des diverses sources du mouvement, il convient de tenir compte, non-seulement de la grandeur immédiate des forces qu'elles développent, mais aussi de la vitesse avec laquelle elles agissent, ainsi que du temps de leur durée. On a admis en ce sens comme unité de comparaison, qu'un homme d'un âge moyen, et bien portant, pouvait élever un poids de dix livres à la hauteur de dix pieds par seconde, et continuer ce travail pendant dix heures par jour.

Le travail journalier d'un cheval est égal à celui de cinq ou six hommes, mais il ne

peut soutenir ce travail plus de huit heures par jour, s'il tire un poids de deux cents livres, ni plus de six heures, s'il en tire un de deux cent quarante, en parcourant deux milles 1/2 par heure. La force d'un mulet équivaut à celle de trois ou quatre hommes. La dépense d'entretien pour un cheval est généralement deux ou trois fois plus considérable que celle du louage d'un journalier; d'où l'on voit que l'emploi de la force d'un cheval est moitié moins dispendieuse que celle d'un homme.

Un grand moulin à vent avec lequel Coulomb a fait plusieurs expériences, pouvait, terme moyen, travailler huit heures par jour, et équivaloir au travail de trente-quatre hommes. En supposant que vingt-cinq pieds carrés des voiles du moulin font l'ouvrage d'un ouvrier, la dépense de la machine et de ses réparations se monterait probablement à moitié moins que celle d'un nombre de chevaux capables de fournir une force semblable. Quand on peut se servir d'un courant d'eau, sa force est en général préférable, parce qu'elle est plus régulière que celle du vent.

Une pompe à vapeur, de bonne construction, ayant un cylindre de trente pouces, équivaut à la force de quarante chevaux; et attendu que son action est constante, elle pourra faire l'ouvrage de cent vingt chevaux ou de six cents hommes, chaque pouce carré du piston représentant un journalier. Suivant M. Boulton, la consommation d'un boisseau de quatre-vingt-quatre livres de charbon suffira pour élever à dix pieds quarante-huit mille pieds cubiques d'eau; ce qui équivaut à un peu plus que le travail journalier de huit hommes un tiers. Quant à la valeur du charbon employé, elle est rarement plus considérable que celle de la journée d'un homme; mais l'établissement d'une pompe à vapeur est de moitié plus dispendieuse que le nombre de chevaux qu'elle remplace. Suivant d'autres rapports, un cylindre de vingt-quatre pouces, qui équivaut à soixante-douze chevaux, ne demande qu'une mesure de trente-six boisseaux anglais de charbon par jour, chaque boisseau représentant l'ouvrage de dix hommes (1).

(1) M. de Prony a dernièrement proposé une mesure con-

L'emploi de la force de la poudre à canon n'est avantageux que dans le cas où on a besoin d'une action très-puissante dans un court espace, comme lorsqu'il s'agit de partager des rochers ou de communiquer à un projectile une vitesse très-considérable. Cette force motrice est loin d'être économique, le travail journalier d'un homme équivalant aux effets d'environ quarante livres de poudre ; mais l'avantage de l'artillerie consiste à avoir une force produite au moyen d'un fluide élastique, ayant très-peu de densité, et capable d'imprimer aux projectiles une très-grande vitesse, sans agir sur les autres parties de la machine, et sans perdre de sa puissance.

Les effets de la torsion sont la mesure la plus exacte que nous possédions pour l'évaluation des forces attractives ou répulsives les plus faibles. Coulomb, qui a inventé à cet effet la balance de torsion, s'en est particu-

stante des forces motrices, qui consiste à élever mille mètres cubes d'eau distillée à un mètre de hauteur durant un jour astronomique ; il a donné à cet étalon le nom de *Dyname*. Ce moyen fait cesser toutes les incertitudes qu'offrait l'évaluation de la force des hommes ou des chevaux, que tant de circonstances font varier.

lièrement servi pour mesurer les forces de l'électricité et du magnétisme.

SECTION II.

De la résistance et du frottement.

La force passive des matériaux employés dans les arts mécaniques dépend tout à la fois des forces de cohésion et de répulsion de leurs molécules, et de la solidité de leur structure. La Physique, en traitant des propriétés de la matière, rend compte de la nature intime de ces forces : mais l'évaluation de leur puissance, et de leur valeur relative dans une foule de circonstances, est trop importante en mécanique pour que nous ne la regardions pas comme étant du ressort de la statique. La force du *frottement*, comme cause de retard, touche de si près à celle des forces passives, qu'on la déduit des mêmes considérations.

Les principaux effets d'une force, quelle qu'elle soit, agissant sur un corps solide, peuvent être réduits à sept, savoir : l'*extension*, la *compression*, l'*enfoncement*, la *courbure*, la *torsion*, l'*altération*, et la *fracture*.

Lorsqu'un poids est suspendu au-dessous d'un point fixe, la substance en suspension reçoit une *extension*, et elle ne conserve sa forme qu'à cause de la force de cohésion et de sa solidité. Lorsqu'on place un poids sur un pilier, celui-ci est *comprimé*, et il résiste, premièrement, par la force répulsive, secondement, par sa solidité. L'effet que nous appellons *enfoncement* est celui qui résulte de l'application immédiate, sur un point fixe, d'une force transversale, de la même manière qu'agissent les lames d'une paire de ciseaux sur leur axe, et la résistance dans cette opération est due principalement à la solidité ou adhésion latérale des couches de la matière, qui serait au surplus peu efficace sans l'intervention des forces cohésive et répulsive. Si sur différentes parties d'une substance quelconque on suspend trois ou un plus grand nombre de forces, elles produisent la *courbure*, c'est-à-dire qu'elles font ployer la substance, de manière à en tenir certaines portions étendues, d'autres comprimées. Dans le cas de *torsion*, les parties centrales conservent leur position naturelle, tandis que celles qui forment la circonférence

sont abaissées ou déplacées dans des directions opposées. On conçoit que l'effet des diverses forces ci-dessus mentionnées produit une *altération* constante, ou un changement de forme dans les substances suffisamment flexibles, et sans doute, jusqu'à un certain degré, sur tous les corps. Le résultat de tous ces effets est la *fracture*, qui a lieu lorsque les forces employées l'emportent sur l'énergie de résistance de la substance; jusqu'à présent la plupart des auteurs n'ont pas porté plus loin leurs investigations.

Les forces qui altèrent la forme d'une substance sont de deux espèces, la *pression* simple et l'*impulsion;* mais cette dernière mérite particulièrement de fixer notre attention. Dans le cas de fracture, l'extension et la compression suivent à peu près les mêmes lois, en sorte que l'on peut juger par analogie de l'une à l'autre.

L'expérience démontre que la mesure de l'extension et de la compression des corps uniformément élastiques est dans un rapport simple avec les forces employées, en tant que ces forces sont comparativement petites. Ainsi, lorsqu'un poids de cent livres

procure à une barre d'acier une extension d'un centième de pouce, un poids de deux cents livres l'étendra de deux centièmes à peu près; un poids de trois cents livres, trois centièmes, etc. Les mêmes poids, agissant dans des directions contraires, raccourciront cette barre d'un, deux ou trois centièmes.

Il est extrêmement difficile de comparer l'adhésion latérale, ou la force qui s'oppose à l'enfoncement des partie d'un solide, avec aucun cas d'adhésion directe. On a tenté quelques expériences sur la fracture des corps par le moyen de l'enfoncement, mais il ne paraît pas qu'on ait tenu compte de la force nécessaire pour obtenir un dérangement momentané de cette espèce. On peut conclure cependant de la torsion des corps, que la force varie dans le rapport simple de la distance des molécules comparée à leur position naturelle, et qu'elle doit être dans le même rapport avec la grandeur de la surface à laquelle elle est appliquée.

Le plus utile comme le plus important effet qui résulte de l'application d'une force, c'est la *courbure*. Quand une force agit sur

une barre droite dans la direction de son axe, elle peut seulement la comprimer ou l'alonger; mais si la direction de cette force est parallèle à l'axe et agit sur la barre en un point plus ou moins éloigné de cet axe, la compression ou l'extension deviendra alors partielle ; il en résultera que la barre sera nécessairement courbée, et la courbure sera proportionnelle à la ligne de direction de la force.

On a commis des erreurs fort graves dans toutes les expériences qui ont été faites sur la courbure des colonnes et des solives exposées aux forces longitudinales; et nul doute qu'elles provenaient les unes de la difficulté d'appliquer exactement la force aux extrémités de l'axe, les autres, des défauts accidentels, inhérens aux substances employées, dont les fibres étaient originairement dans des directions telles qu'elles devaient produire plutôt des colonnes courbes que droites : car, en principe, toutes les fois qu'une force agit sur une colonne droite, dans la direction de son axe, cette colonne ne sera que comprimée ou étendue ; mais il peut arriver que cette force agisse parallèlement

à l'axe de la colonne, et alors il y a courbure partielle.

La *torsion* consiste dans le déplacement latéral ou la dépression des parties opposées d'un solide, dans des directions opposées, les molécules centrales conservant seules leur situation naturelle. Cette force varie, suivant l'expérience, dans le rapport simple de l'angle de torsion : on ne peut l'expliquer toutefois par l'action unique des fibres longitudinales; mais elle paraît devoir être presqu'entièrement attribuée à la solidité ou adhésion latérale, qui s'oppose au déplacement des molécules. Si un fil de fer est deux fois plus épais qu'un autre de la même longueur, il faudra une force seize fois plus considérable pour lui faire faire un tour de torsion : la roideur variant comme quatre fois le diamètre, c'est-à-dire comme le carré de son carré. Mais, si la longueur varie, il est évident que la résistance à la force de torsion sera en raison inverse de la longueur.

Le dernier effet de la force sur les corps solides est la *fracture*, qui a lieu soit par l'impulsion, soit par la pression seulement.

L'action qui résiste à la pression s'appelle la force, et celle qui fait résistance à l'impulsion peut être appelée souplesse. La force d'un corps est égale à la somme des rapports de sa cohésion et de sa répulsion immédiate, ou élasticité, plus sa solidité, c'est-à-dire le degré d'extension, de compression, ou de dérangement dont il est susceptible, sans qu'il en résulte séparation dans ses parties. La souplesse est à la fois proportionnelle à la force et à la dureté du corps : sa mesure est le produit de la masse et le carré de la vitesse d'un corps capable de le rompre, ou en d'autres termes, de la masse et de la hauteur dont il faudrait que le corps tombât pour acquérir une vitesse pareille ; tandis que la force se mesure par la plus grande pression qu'il puisse supporter à l'état du repos.

La courbure est le procédé le plus ordinaire d'obtenir la fracture ; la superficie du côté convexe ayant plus d'extension, cède la première, excepté pour les substances fibreuses molles, telles que le bois vert dont la surface convexe est plutôt écrasée que déchirée. On peut juger, d'après ce qui précède, combien il est important dans la détermina-

tion de la forme et de la quantité des matériaux que l'on doit employer dans les constructions mécaniques, de considérer la nature et la puissance des forces auxquelles ils seront capables de résister.

A un petit nombre d'exceptions près, le frottement de tous les corps solides peut être assimilé à une force retardatrice uniforme, sans augmentation ni diminution, lorsqu'on change la vitesse relative des corps. Le frottement de quelques substances augmente tant soit peu avec la vitesse, mais à mesure qu'ils deviennent plus polis, cette différence disparaît.

On sait aussi que dans le plus grand nombre des cas, la force du frottement est en rapport simple avec le poids ou la pression exercée par les corps en contact, indépendamment de la grandeur de leurs surfaces : toutefois Coulomb a remarqué qu'outre cette force il existait une autre résistance, qu'on pouvait évaluer à quelques livres par pied carré de surface, et qui est indépendante de la pression. En calculant ces forces séparément, nous arriverons sans doute à apprécier avec exactitude toute la résistance,

et par suite on a calculé que le frottement d'une pierre sur une pierre est égal à la moitié de la pression ; celui d'une pièce de bois sur une autre est égal au tiers; celui d'un métal sur un métal est d'un quart : ce qui suffit pour apprécier l'effet des machines. Il arrive quelquefois que l'emploi des substances onctueuses, qui d'abord diminue le frottement, l'augmente au contraire si l'on n'a pas soin de les renouveler fréquemment.

Le moyen le plus simple d'estimer la puissance du frottement de deux corps, c'est d'incliner leurs surfaces respectives suivant un plan horizontal, jusqu'à ce que l'un d'eux glisse sur l'autre : ce moment détermine la force de leur adhésion; mais pour connaître le frottement quand ils sont en mouvement, il faut d'abord les séparer et les solliciter alors à se mouvoir en imprimant un léger mouvement à tout l'appareil. Le frottement, dans ce cas, est à la pression, comme la hauteur du plan incliné est à sa longueur horizontale.

CHAPITRE III.

Applications des lois du mouvement et de la résistance.

Après avoir passé en revue les forces et les résistances, nous devons considérer les modifications qui en résultent. Nous dirons d'abord la manière d'employer ces forces, de changer leur direction et leur intensité, de les communiquer aux diverses parties des machines, par l'intervention des verges, des poulies, des grues, des rouages, des cordes et autres substances flexibles ; nous passerons ensuite à la structure de ces substances, et à la manière dont on se sert des systèmes de fibres flexibles ; en troisième lieu nous nous occuperons des moyens d'élever et tirer les poids, et enfin de ceux de changer les formes des corps.

SECTION PREMIÈRE.

Des machines.

Lorsque l'on veut communiquer un mouvement à quelque objet placé devant le corps

mouvant, il faut faire usage d'agens susceptibles d'exercer une force répulsive ou impulsive, particulièrement les métaux ou le bois. Mais si le corps à ébranler est placé derrière la force motrice, les *cordes* et les *chaînes* sont très-convenables à ce résultat. Si l'on voulait changer la direction du mouvement, il faudrait faire usage des *leviers* et des *grues*. Le meilleur moyen d'obtenir à la fois un mouvement de rotation alternant avec un autre, est d'employer une grue agissant à l'extrémité inférieure d'une longue *barre* et ayant à l'autre bout une *poulie* (fig. 15). Mais de tous les moyens de communiquer le mouvement, le plus utile est l'emploi des *rouages*, qui sont susceptibles de varier à l'infini sa direction et sa vitesse.

Quelquefois on fait tourner les *roues* les unes sur les autres, soit par le simple contact, soit à l'aide des cordes ou des chaînes dont on les enveloppe; mais dans ces cas, on conçoit que les moindres protubérances sur leurs surfaces, ou tout autre corps étranger, sont autant d'occasions de frottement qui les empêchent de glisser les unes sur les autres. Le plus souvent, toutefois, on fait usage de

roues dentées (fig. 16 et 17), dont chaque dent agit sur sa voisine à la manière d'un levier, soit exactement ou à peu près dans la direction de leurs circonférences : quelquefois aussi on substitue à l'une des roues une *vis sans fin*. Une circonstance très-importante dans la coupe des dents, est de déterminer scrupuleusement la courbe qui donnera à la fois le mouvement le plus égal et le moins de frottement possible.

Lorsqu'on veut obtenir une vitesse angulaire considérable, à l'aide du plus petit nombre possible de rouages, le diamètre de chaque roue doit être trois ou quatre fois aussi grand que celui du *pignon* sur lequel elle agit : quand le pignon pousse la roue, il n'est quelquefois composé que de trois ou quatre dents; mais il convient généralement mieux de lui en donner six ou huit.

La roue et le pignon peuvent être placés suivant le même plan, ou bien former un angle entre eux. Dans le premier cas, ils devront être ce que l'on appelle des *roues éperonnées ;* dans le second, l'un d'eux devra être une *couronne* ou *roue,* ou bien ils seront l'un et l'autre de biais, les dents étant alors

coupées obliquement. Suivant la grandeur relative des roues, l'angle ou le biais sera différent, de manière à ce que les vitesses des roues restent dans le même rapport aux deux extrémités de leurs faces obliques; et pour atteindre ce but, il conviendra que les faces de toutes les dents soient dirigées vers le point où leurs axes se rencontreraient (fig. 17).

Dans les cas où l'on a besoin d'obtenir un mouvement qui ne soit pas parfaitement régulier, ainsi que cela a quelquefois lieu dans la construction des horloges, mais plus souvent dans celle des planétaires, il faut, ou diviser les roues un peu inégalement, ou placer les axes tant soit peu hors du centre.

Le bois, le fer jeté en moule ou travaillé, l'acier et le cuivre, sont les matériaux qu'on emploie communément à la confection des roues. Les dents de métal sont généralement coupées à l'aide d'une scie en acier, puis on les termine à la lime; mais ce dernier travail a lieu aujourd'hui à la mécanique.

En mécanique, il est souvent nécessaire de prolonger le temps de l'application d'une force donnée, ou d'en ménager l'emploi. On

obtient ce résultat, soit en laissant descendre un poids après l'avoir fait monter à une certaine hauteur, soit en permettant à un ressort de se détendre après avoir été comprimé, ainsi qu'on le voit par les *poids* et les *ressorts* des horloges et des montres.

Il est bon de remarquer que dans ces machines, aussi bien que dans beaucoup d'autres de grande dimension, le *volant* est une partie très-importante, attendu que sa vitesse s'augmente de tout l'excès de la force employée à le mouvoir, et que sa puissance de rotation prolonge le mouvement quand la force diminue et même lorsqu'elle n'agit plus. Ainsi quand un homme tourne une manivelle, il est susceptible d'employer deux fois plus de force dans telle ou telle position, et dans certains cas un volant lui permet d'expédier un tiers d'ouvrage de plus.

SECTION II.

De l'union des fibres flexibles.

La force des *cordages* et des autres substances employées à la communication du mouvement, partout où la flexibilité est né-

cessaire, dépend spécialement de l'adhésion latérale résultante de la torsion ou de l'entrelacement des fibres : il en est de même des autres matériaux flexibles qui servent aux ameublemens, ou aux vêtemens.

On conçoit que dans une chaîne de métal chaque anneau reste uni à son voisin, à cause de son inflexibilité; mais il n'en est pas de même pour les fibres des substances végétales et animales. Celles-ci s'associent par la force du frottement ou plutôt de l'adhésion latérale, et ces fibres sont disposées de telle manière qu'outre la pression mutuelle qu'elles exercent en raison de l'élasticité qui leur est propre, toute force étrangère qu'on applique dans la direction longitudinale de leurs agrégats, tend à les mettre dans un contact beaucoup plus immédiat, et à augmenter leur adhésion. Ce principe reçoit d'utiles applications depuis l'art si simple de faire un *nœud,* jusqu'aux procédés les plus compliqués de *filer, corder, tisser,* et *feutrer.*

Tout le monde connaît le mécanisme usité pour *filer au simple rouet,* lequel consiste à faire que les fibres s'engagent le plus possible dans le centre les unes des autres; car il

est évident que si une seule fibre était hors du centre, elle ne pourrait être retenue dans le fil dit caret.

Un fil simple ou *caret*, façonné de fibres tordues ensemble, a une tendance à se détordre, attendu que dans l'opération, les parties externes étant les plus comprimées, raccourcissent d'abord le fil, jusqu'à ce que les parties internes n'aient plus d'espace à parcourir pour s'étendre latéralement, ainsi que cela arrive lorsque leur longueur est diminuée; c'est pourquoi l'élasticité de toutes les parties fait résistance et tend à rendre le fil à sa situation naturelle. Mais si deux de ces fils sont retenus en contact en un point donné de la circonférence de chacun d'eux, ce point demeure stationnaire par l'opposition des forces égales agissant suivant des directions contraires, et devient ainsi le centre autour duquel les deux fils sont roulés à l'aide des forces en excès, de telle sorte qu'ils continuent à se tordre l'un autour de l'autre, jusqu'à ce qu'une nouvelle combinaison engendre une tension capable de contrebalancer la tension excédante des fils primitifs. On peut, par ce procédé, réunir

ensemble trois, quatre ou un plus grand nombre de fils : un *toron* se compose d'un nombre considérable de fils de caret, ainsi tordus ensemble, généralement depuis seize jusqu'à vingt-cinq : un *cablot* est formé de la réunion de trois torons; un *haubans* de quatre, et un *câble* de trois cablots ou haubans. Il n'est pas facile de déterminer par le calcul la position relative et la tension comparative de toutes les fibres dans ces combinaisons compliquées; mais l'expérience démontre qu'il est plus avantageux pour la force des cordes, de tordre les torons, lorsqu'on les façonne suivant une direction telle qu'il la faut pour détordre les carets dont ils sont composés, afin d'augmenter la torsion des torons eux-mêmes; et probablement on obtient une force d'autant plus grande, que l'obliquité des fibres est moindre et plus égale. On compose également une corde très-solide, en tordant cinq ou six torons autour d'un septième en guise d'axe : après un certain temps d'usage, ce dernier est réduit en étoupe; il convient qu'il soit plus tordu que les autres, afin de ne permettre que peu d'extension; les cordes ainsi faites ne sont pas

propres aux agrès coulans, ni dans aucun des cas où elles doivent ployer fréquemment.

Les cordes qui concourent à la formation d'un câble commun, prises isolément, sont plus solides que le cable lui-même, dans la proportion d'environ quatre à trois; on a trouvé qu'une corde travaillée avec des carets de cent quatre-vingts à cent trente-cinq verges de longueur, était plus solide que celle provenant de carets réduits à une dimension de cent vingt verges, dans le rapport de six à cinq. La différence est due en partie à l'obliquité des fibres, et en partie à la tension inégale produite par la torsion. On dit aussi qu'une corde est plus faible lorsqu'elle est humide, que lorsqu'elle est sèche, sans doute parce que l'eau facilite le glissement des fibres les unes sur les autres, ou peut-être aussi parce que la présence de l'eau est partout une cause de séparation. Une corde de chanvre bien faite peut porter, sans danger, autant de fois un cinquième de tonneaux que le carré de sa circonférence contient de pouces.

Le *chanvre* sert plus communément à la fabrication des cordes; on y emploie aussi

accidentellement diverses autres substances végétales. Les Chinois font usage de fibres ligneuses, et l'écorce des arbres fournit le cordage à d'autres peuples ; en Europe, on se sert de l'écorce du tilleul pour les nattes et les cordes à puits. Le plus beau chanvre nous vient de Riga et de Saint-Pétersbourg.

Le *lin* n'est plus aussi fort que le chanvre, mais n'en est pas moins utile : il épuise considérablement le sol où il croît. La plante fraîche coupée, est tenue dans l'eau durant dix jours; elle y éprouve un changement chimique, qui, sans altérer la vigueur des fibres, amollit la partie charnue et rend la séparation des deux substances plus facile dans l'opération du sérancement, après qu'elle a été séchée et exposée à l'air pendant quinze jours.

Le *coton* est une substance fine et fibreuse qui enveloppe les semences de plusieurs plantes. Le meilleur nous vient de l'île de Bourbon; les Indes orientales et occidentales, ainsi que la Turquie, nous en fournissent une grande quantité. Sa couleur est ordinairement blanche; il en existe égale-

ment du jaune, qu'on emploie à fabriquer le nankin.

La *soie* est également de deux couleurs, blanche et jaune : la blanche n'est qu'une variété accidentelle ; la jaune est blanchie au moyen de lavages répétés qui donnent à la blanche plus d'éclat. On fait usage du savon pour enlever à la soie des cocons la substance gommeuse qui l'accompagne.

La *laine* se distingue en deux espèces, la longue et la courte : la première s'emploie pour les vêtemens grossiers, la seconde pour les habits de luxe.

Le principal usage du simple, lorsqu'il est filé, est de le *tisser*. La même force d'adhésion latérale qui maintient les fibres tordues de chaque fil dans leur situation respective, devient ici la cause de la solidité du vêtement; et cette adhésion est généralement accrue par l'action d'une force extérieure tendant à resserrer tout le tissu.

L'adhésion latérale des fibres de diverses espèces fait également la force des substances *feutrées*, que l'on fabrique en combinant et foulant ensemble les poils courts des fourrures. Toutefois cette force est moindre

que celle des vêtemens : d'une part, parce que les fibres sont plus courtes; de l'autre, parce que leur arrangement est moins soigneusement ajusté. Les matériaux dont on compose le feutre sont communément un mélange des fourrures des lapins et castors unies à la laine, en diverses proportions, suivant les qualités qu'on désire obtenir. On a découvert, il y a quelques années, une très-belle fourrure sur la peau d'une espèce de veau-marin, dont le mélange des poils a été employé non-seulement à faire le feutre, mais encore à filer et tisser des vêtemens semblables aux châles de l'Inde.

Il y a peu de différence entre la texture du *papier* et celle du feutre, si ce n'est que les fibres du premier sont moins apparentes à l'œil.

Telles sont les principales applications de l'union des fibres flexibles : elles sont d'une grande importance et mériteraient de grands détails que les lecteurs trouveront dans les traités spéciaux de la *seconde série consacrée aux Arts et métiers.*

SECTION III.

De l'élévation et du tirage des poids.

Les machines dont on fait usage pour élever des poids, en ce qui a rapport à la mécanique des corps solides, sont principalement les *leviers*, les *cabestans*, les *roues*, les *poulies*, les *plans inclinés*, les *vis* et leurs combinaisons variées sous formes de *grues*.

Le *levier* est un instrument très-simple, mais d'une grande utilité, lorsqu'on veut élever une masse à une petite hauteur : il offre toutefois l'inconvénient du peu d'étendue de son action. Un axe avec une poulie qui est un levier sans fin, est la machine communément employée pour tirer un seau d'eau d'un puits. Le *cabestan* est un axe vertical ou droit, dans lequel se trouve emmanché deux ou un plus grand nombre de leviers. Dans ces cas, si l'on voulait calculer la résistance avec exactitude, il faudrait ajouter au rayon de l'axe la moitié de l'épaisseur de la corde, comparée au bras du levier. Le cabestan composé de deux cylindres de diverses grandeurs sur un même axe,

et d'une corde allant du plus petit à une poulie à laquelle le poids est attaché, et retournant s'engager avec le grand cylindre, opère très-puissamment, mais il exige une grande longueur de corde pour une petite étendue de mouvement (fig. 18 et 19).

Les *rouages* sont employés d'une foule de manières pour enlever des poids, et leur pouvoir dérive du même principe que celui des leviers : chaque roue et son pignon peuvent être considérés comme composés d'une série de leviers recourbés, dont l'axe est celui de suspension commun, et agit successivement sur les dents de la roue voisine. C'est ainsi qu'on fait usage des *poulies,* qui sont des espèces de roues ou cylindres, retenues par un axe : elles sont très-convenables en ce qu'elles exigent une faible augmentation de puissance, et toutefois donnent de très-grands avantages si l'on multiplie les poulies séparées ou rouets, ce qui réclame alors une grande longueur de corde.

L'élévation des grandes masses, à l'aide des machines, est souvent secondée par l'usage d'un *plan incliné* fixe, lequel forme avec l'horizon un angle quelconque qui sert

de mesure à l'inclinaison. On fait généralement usage des plans inclinés pour faciliter la montée des hauteurs par les hommes ou les animaux : leur surface est plane, comme celle des *routes,* ou bien l'inclinaison générale est interrompue par des marches séparées ou *escaliers.*

La *vis* n'est pas toujours susceptible d'être appliquée à l'élévation des poids, quoique cependant on se serve quelquefois d'un certain nombre de vis pour élever graduellement une masse considérable et difficile à manier, comme un obélisque, par exemple; mais pour communiquer le mouvement aux rouages, on emploie fréquemment la *vis sans fin.* De tels agens offrent un avantage mécanique très-important, encore bien qu'ils soient sujets à beaucoup de frottement et se détériorent à la longue.

Une *grue* est une machine destinée à élever des poids, au moyen d'une corde ou d'une chaîne glissant sur un bras de levier susceptible d'un mouvement horizontal, et passant sur une poulie pour venir s'enrouler au tour d'un axe. Cet axe est tourné soit directement, soit par l'intervention de rouages, à

l'aide d'une manivelle, ou d'une barre horizontale d'un vindas, ou d'une roue volante, et quelquefois aussi par la force du vent, de l'eau ou de la vapeur.

On combine quelquefois une romaine avec une grue, pour peser et transporter à la fois des marchandises. Une petite grue adaptée à une charrette, est commode pour le chargement et le déchargement des marchandises. On se sert en France, sur les ports, de chariots très-longs, dont l'extrémité touche presque à terre lorsqu'ils sont chargés, et présentent un plan incliné, le long duquel les marchandises sont élevées par un levier et son axe, ou une espèce de cabestan fixé en tête: c'est ce qu'on appelle communément un *haquet*.

L'usage des grues est si général et si indispensable, que leurs formes ont reçu beaucoup de modifications suivant les localités, et même le caprice : celles que nous avons décrites sont les plus utiles et mettront aisément à même de juger des autres.

On a calculé qu'un homme pouvait généralement porter un poids quatre ou cinq fois aussi fort que celui qu'il pourrait lever

continuellement dans une direction verticale, avec la même vitesse : de sorte qu'on doit considérer la résistance à vaincre, comme une espèce de frottement dont l'évaluation peut être calculée à un quart ou un cinquième du poids en question. D'où il suit que si nous avions à faire mouvoir un poids sur une surface horizontale, la résistance opposée par cette surface s'opposerait souvent non-seulement au mouvement du poids, mais pourrait encore endommager la texture du corps à mouvoir : le moyen d'obvier à ce dernier inconvénient est de pratiquer un châssis garni d'une substance offrant peu de frottement, telle que le fer.

L'agitation, de quelque nature qu'elle soit, est souvent une cause qui diminue le frottement. Mais, en général, rien n'est plus propre pour obvier au frottement que l'application des substances huileuses, quand l'application en est praticable. On emploie communément l'huile ordinaire, le suif et le goudron, pour les métaux en contact : les propriétés chimiques de l'huile ont toutefois besoin d'être bien connues, afin qu'elle ne corrode pas les métaux. Le suif a besoin

d'être fréquemment renouvelé pour ne pas perdre sa vertu lubréfiante. Entre les surfaces ligneuses on applique du savon, mais plus communément du noir de plomb (percarbure de fer) qui prend un poli parfait.

L'effet du frottement, dans toute espèce de machine, diminuant toujours dans le rapport de la vitesse des parties glissant les unes sur les autres, il est clair que plus on diminuera la dimension de l'axe d'une roue, moins on aura de frottement. Si la pression qu'éprouve l'axe provient du poids de la roue elle-même, on diminue le frottement en inclinant la roue et rendant l'axe vertical; car, par ce moyen, le poids supporté par l'axe qui se termine en une surface très-mince, réduit le frottement à un tiers de ce qu'il serait s'il agissait sur toute sa circonférence.

Les roues des voitures doivent une grande partie de leur utilité à la diminution du frottement, qui est d'autant moindre que le diamètre de l'essieu est plus petit par rapport à celui de la roue. La résistance qui s'oppose au mouvement d'une voiture pro-

vient souvent en grande partie du déplacement continuel qu'éprouvent les matériaux qui composent la route, lesquels ne réagissent pas sur les roues avec une élasticité parfaite, mais qui éprouvent un changement de forme proportionnel à la perte de la force. De là vient que dans un sable doux, quoique les axes des roues se meuvent dans une direction parfaitement horizontale, le tirage devient très-difficile : plus la roue s'enfonce, plus la résistance est grande, et si l'on pouvait connaître l'élasticité des matériaux et leur résistance immédiate à différentes profondeurs, on parviendrait à calculer l'effet de leur réaction, dans le retard qu'éprouverait la voiture.

L'effet produit par la suspension des voitures sur des ressorts est de rendre leurs mouvemens égaux, en faisant que tout changement soit plus graduellement communiqué, en raison de la souplesse des ressorts, et parce qu'une partie de chaque impulsion soudaine ajoute un degré de vitesse au mouvement de rotation. Ce mouvement de rotation dépend de la position oblique des courroies sur lesquelles la voiture est

suspendue, ce qui l'empêche de se balancer parallèlement.

SECTION IV.

Des moyens de changer les formes des corps.

Les forces corpusculaires qui maintiennent les corps dans leurs formes particulières d'agrégation, ont besoin d'être, dans plusieurs circonstances, contrebalancées ou modifiées par des procédés mécaniques. Ainsi, nous rencontrons des occasions où il est nécessaire de resserrer les corps dans un plus petit espace, d'augmenter leurs dimensions dans telle ou telle direction, de diviser leur substance, soit partiellement, soit en totalité, suivant des lignes ou des surfaces don nées, ou de détruire complètement leur forme, pour les réduire en parties plus petites. On peut rapporter ces divers effets à la compression, l'extension, la pénétration, la division, l'attrition, le creusage, le percement, l'agitation, la trituration et la démolition.

Les instrumens dont on se sert pour opérer la *compression*, sont généralement les *presses*, dont les plus communes agissent au

moyen d'une vis. Le frottement de cette dernière est un obstacle considérable à la puissance de ces machines; mais elle sert à maintenir la presse dans la position où elle a été amenée par force. C'est toujours un levier qui tourne la vis, car sans ce secours, quelque puissante qu'elle pût être, le frottement la rendrait presque inutile.

Quelquefois aussi la compression a lieu à l'aide d'un *marteau :* ainsi, on frappe du marteau le cuivre fondu, avant de l'employer, afin d'en augmenter la dureté : le *martelage* lui communique une telle fermeté, qu'on est parfois obligé de le présenter de nouveau au feu pour lui rendre sa ductilité. Les *enclumes* et les *étaux* sont les accessoires indispensables du martelage : leur dureté fait leur utilité : elle dérive pour l'un de son poids, pour l'autre de sa force. On peut considérer les *tenailles* comme des étaux portatifs.

Il est rare qu'on obtienne *l'extension* au moyen de forces qui tendraient immédiatement à augmenter les dimension de la substance à étendre : on produit généralement ce phénomène en soumettant à une autre direction la grandeur de la substance, quel-

quefois par le moyen de la pression, mais plus souvent par la *percussion*. Les rouleaux de pression qu'on emploie au *laminage* des métaux sont mus par des machines, et susceptibles d'une direction de devant en arrière, et *vice versâ*, afin de répéter l'opération sur la même substance. C'est par ce procédé qu'on obtient les feuilles de plomb, de cuivre et d'argent : si l'on soude une feuille d'argent mince à une feuille de cuivre plus épaisse, et qu'on soumette à la pression cette feuille ainsi composée, on la rend tellement mince qu'on peut l'offrir dans le commerce à un prix moderé. L'étau du vitrier qui sert à faire le plomb des vitraux, est un instrument de même nature que le précédent : la souplesse du plomb fait qu'il se prête à toutes les formes, par la pression des rouleaux ou des roues dont la circonférence est dentelée.

L'extension s'obtient, dans les forges, au moyen de la percussion exercée par le marteau du forgeron ; l'élévation des *marteaux de forge* s'opère par des machines ; ils vont frapper fortement contre un ressort, qui se roule avec une grande vitesse, et au moyen

duquel le marteau frappe quelquefois 500 coups par minute, sa force étant plusieurs fois plus considérable que le poids du marteau. On emploie de semblables forges à la fabrication du fer malléable, des planches de cuivre, et de l'acier.

L'or est interposé entre des feuillets de baudruche pour être battu sur une enclume de marbre : on le mélange avec le cuivre ou l'argent, pour cette opération : on le réduit à une épaisseur de trois cent millièmes de pouce. L'argent en feuille est d'environ cent soixante millièmes de pouce. Ces feuilles se font d'argent sans alliage.

Les procédés qu'en emploie pour *perforer*, *couper*, *tourner*, *percer*, *creuser*, *scier*, *moudre* et *polir*, sont à peu près analogues, en ce qui concerne le peu de résistance qu'ils éprouvent de la part des particules des corps qu'ils ont à vaincre. En général, la pénétration s'exécute d'abord par l'effet que nous avons appelé *enfoncement*, lorsque le volume de la substance pénétrante est considérable; mais si l'on fait usage d'une pointe fine ou tranchante, elle déchire aussitôt la surface dans l'endroit où celle-ci est le plus dépri-

mée, puis elle agit ensuite à la manière d'un coin sur les autres parties latérales de la substance, avec une force d'autant plus grande que le tranchant est plus mince. La résistance qu'oppose à un corps qui le pénètre, un solide ou une substance molle, ressemble en quelque façon à la force du frottement, laquelle est à peu près uniforme, que le mouvement soit lent ou rapide, et détruit une partie de l'énergie de cette *force* dans un temps quelconque, quelle que soit la vitesse ou l'espace parcouru. De là vient l'avantage d'imprimer un mouvement rapide au corps qui en pénètre un autre, la distance à laquelle il pénètre étant proportionnelle au carré de sa vitesse ou de son énergie, puisqu'il faut un certain degré d'énergie pour le pénétrer entièrement. L'efficacité de la vitesse, dans les cas de pénétration, explique comment des substances tendues, mues très-rapidement, en pénètrent de beaucoup plus dures : cela rend compte aussi du peu de sensation qu'on éprouve eu recevant une blessure d'un coup de fusil, en raison du peu de désordre qui en résulte pour les parties voisines de l'organisation.

La facilité avec laquelle un petit coup de marteau fait entrer dans une substance, un clou, dont l'introduction eût résisté à toute la force du bras, fait aisément comprendre l'avantage d'une *impulsion*, si petite qu'elle soit, ajoutée à une pression même très-grande.

Au moyen de l'instrument dont on fait usage dans les constructions hydrauliques, on élève lentement un poids à une hauteur considérable, afin que dans sa chute il acquière assez d'énergie pour asseoir un pilotis : or, si la même force était immédiatement appliquée au pilotis, elle produirait peut-être un effet égal, mais il serait impossible de pratiquer une machine assez forte pour cet effet; et encore, dans le cas où son exécution serait possible, le frottement occasionerait une grande déperdition de force.

Les instrumens dont on fait généralement usage pour *diviser* les corps solides, sont les *coins*, les *ciseaux* et les *couteaux :* ils agissent quelquefois par *pression* seulement; mais leur efficacité est plus puissante lorsqu'on y joint l'*impulsion*. Voilà pourquoi les *haches*, les *rabots*, les *scies* et les *limes*, opèrent plus

promptement. Les instrumens tranchans ne sont, à proprement parler, que des coins fort minces. Le fil de tous ces instrumens se fait principalement avec l'acier (1); de même qu'on fait usage du fer pour la fabrication des clous et autres petits articles.

L'opération du *percement* est une combinaison de la pénétration, de la division et quelquefois de l'attrition. Les *alênes*, les *forets*, les *vis*, les *tarières*, etc., sont autant d'instrumens au moyen desquels on fait des trous. Le *touret* a l'avantage d'un mouvement rapide que lui communique l'archet qui le tourne à l'aide d'une petite roue ou poulie. Lorsqu'il s'agit de forer un canon, c'est celui-ci qui tourne tandis que l'instrument est en repos, et cette nouvelle méthode est beaucoup plus exacte que l'ancienne. C'est le contraire pour les cylindres des machines à vapeur, qui sont creusés dans le moule et forés ensuite.

Les procédés d'exploitation des mines se combinent de ceux du *percement* et du *creusage*.

Le *sciage* du bois, entrepris en grand,

(1) Voir la CHIMIE, pour la préparation de ce métal.

s'opère par des *scies à moulin*, mues ordinairement par l'eau : on les place en grand nombre dans un châssis qui les retient parallèlement ; une grue les fait mouvoir de haut en bas, et à chaque tour, une roue dérange le châssis à l'aide d'un taquet, et le porte vers le bois.

Si l'on veut diminuer les dimensions d'une substance, en un endroit quelconque, on emploie les instrumens propres à l'*attrition*, tels que les *râpes*, les *limes*, les *pierres à moudre* et *à aiguiser*.

Les machines propres à la *trituration* des matières que l'on veut réduire en petites parcelles, sont généralement connues sous la dénomination de *moulins*. Les plus simples de ce genre, après les *pilons* et les *mortiers*, sont les *moulins à foulons*, dont les pilons ressemblent aux marteaux des moulins employés à l'extraction des huiles de graines. On s'en sert pour réduire en poudre les minerais métalliques, et quelquefois aussi des écorces d'arbres, la graine de lin, etc. Ces pilons sont garnis en fer.

Lorsqu'on veut *démolir* ou briser une substance en parties plus petites, on a sou-

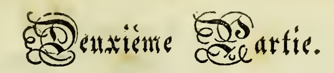
vent occasion d'employer la force réunie des hommes, des machines, ou des agens chimiques. Les *béliers*, les solives de bois suspendues à des cordes et armées de fer dont se servaient dans les siéges les guerriers de l'antiquité, sont maintenant remplacés généralement par l'artillerie, quoique, dans certains cas, ils puissent fournir des agens plus économiques et plus énergiques: car on pourrait donner à un bélier une puissance égale à celle du boulet, et avec moins de dépense. Mais il est probable que l'efficacité du boulet est due principalement à sa vitesse qui dépasse la limite jusqu'à laquelle pourrait résister la substance qu'il s'agit de détruire.

S'il ne s'agissait de détruire que de petits agrégats, les tenailles, les marteaux et les leviers suffiraient; on y joint parfois des instrumens plus compliqués.

On se sert fréquemment de la force expansive de la chaleur pour fendre des rochers, ou pour abattre de vieux monumens; on obtient quelquefois ces résultats par la seule application du feu, comme dans les mines de Rammelsberg dans le Hartz, où la couche

qui contient le minerai, sans doute à cause de la matière combustible qu'il renferme, est rendu friable et facile à travailler par l'effet d'un chauffage très-ardent que l'on applique dans une grande excavation fermée par le minerai lui-même. Mais on se sert plus communément de la force de la poudre à canon : on prétend que l'explosion de cette substance est plus efficace, lorsque la cavité n'est pas complètement remplie; mais ce fait demanderait confirmation.





DE L'HYDRAULIQUE.

Cette seconde division de notre sujet sera consacrée à l'étude des propriétés des fluides, aussi bien qu'à celle des lois et des phénomènes de leurs mouvemens. Quoique ces propriétés soient la conséquence des principes fondamentaux sur lesquels s'appuient les doctrines de la mécanique proprement dite, il est cependant encore impossible de les expliquer exactement par des causes simples et générales. On est donc souvent obligé d'avoir recours aux preuves expérimentales ; et sous ce rapport, l'hydraulique tient un rang intermédiaire entre la mécanique mathématique et la physique descriptive. En traitant de la mécanique des corps solides, nous avons pu établir des axiômes ou des vérités évidentes, telles que l'esprit humain peut les saisir; il nous a été facile d'en déduire les lois générales du mouvement, et d'appliquer sans erreur sensible

ces mêmes lois, à l'explication des combinaisons diverses qui en sont la conséquence : il ne faut pour cela qu'un certain degré d'attention, secondé de quelques connaissances mathématiques, afin de se convaincre de la justesse de nos conclusions, sans recourir aux preuves expérimentales. Mais, dans le sujet qui va nous occuper, les abstractions nous manquent; et que cela tienne à l'imperfection de notre manière d'envisager l'action mécanique réciproque des molécules fluides les unes sur les autres, ou au défaut de nos calculs analytiques, ou encore, comme il y a lieu de le supposer, que la difficulté provienne de ces deux causes réunies, toujours est-il vrai que les efforts tentés jusqu'à ce jour, pour réduire à une théorie parfaite les propriétés des fluides, sont restés sans succès : malgré tout, l'expérience et le calcul suffisent pour asseoir sur une base convenable la détermination des phénomènes pratiques.

Nous allons d'abord fixer notre attention sur la recherche des lois qui président à l'équilibre des fluides, ou de la résistance aux forces qui agissent sur eux sans qu'il

en résulte de mouvement; et sous ce titre, nous étudierons la doctrine de l'équilibre des liquides, soit entre eux, soit à l'égard des corps en mouvement, ou l'*hydrostatique* proprement dite, puis l'équilibre des fluides élastiques, ou la *pneumatique*. Nous passerons ensuite à l'examen des fluides en mouvement, ou à l'*hydrodynamique;* et enfin nous parlerons des instrumens et des machines, exécutés suivant les principes de l'hydrostatique, de l'hydraulique et de la pneumatique, dans leurs applications aux arts et aux commodités de la vie.

CHAPITRE PREMIER.

De l'hydrostatique.

SECTION PREMIÈRE.

De l'équilibre des liquides.

En abordant la doctrine de l'*hydrostatique*, ou équilibre des liquides, il convient d'abord de dire ce que c'est qu'un corps fluide. Un liquide est un agrégat de particules matérielles très-ténues, qui se meuvent librement les unes sur les autres, dans tou-

tes les directions, sans frottement. Quelques auteurs ont défini le fluide, une substance qui exerce une pression égale dans toutes les directions; mais cette propriété semble n'être qu'une conséquence de la première définition : et quoiqu'il soit difficile de la démontrer mathématiquement, cependant on peut obtenir, d'après certaines données mathématiques, une conviction suffisante de sa vérité, sans la considérer comme un principe ou un axiôme. On considère comme un liquide, tout fluide qui ne jouit pas de la faculté expansive, à l'état libre : ainsi, l'eau, l'huile, le mercure, sont des liquides; l'air et la vapeur sont des fluides élastiques.

Quant à présent, nous parlerons des liquides, sans tenir compte de leur compression, ni de leur expansion; de même que nous négligerons quelques autres propriétés physiques dont ils jouissent, telles que la cohésion et l'attraction capillaire (1); encore bien que d'après des expériences très-délicates, les liquides partagent avec les solides la propriété élastique et la cohésion, ce qui les distingue essentiellement des fluides élasti-

(1) Voir la PHYSIQUE.

ques. C'est pourquoi, en traitant de l'hydrostatique, nous supposerons les fluides uniformément denses. Tant que les fluides élastiques se conforment à cette règle, ils suivent les mêmes lois que les liquides, tandis que tous les fluides compressibles possèdent des propriétés analogues à celles qui sont du ressort de la pneumatique.

La première loi de l'hydrostatique est celle-ci : que la surface de tout fluide homogène à l'état de repos est horizontale. Si une partie quelconque de la surface était inclinée à l'horizon, les parties superficielles tendraient nécessairement vers la partie la plus basse, de la même manière que si elles se mouvaient sans frottement sur la surface inclinée d'un solide: et si deux portions de la surface du fluide sont séparées, comme dans les branches d'un tube, par exemple, le fluide ne restera en repos que lorsque les surfaces seront de niveau, quelle que soit la position du tube. Si plusieurs fluides séparés, mais d'espèces diverses, sont contenus dans le même vaisseau, ils ne seront à l'état de repos qu'autant que leurs surfaces deviendront horizontales entre elles; tel est en

effet l'état de la surface des liquides ordinaires, exposés à la pression atmosphérique.

La surface des lacs n'est pas parfaitement plane, et suit la forme convexe de la terre, à cause de la gravitation, qui, rigoureusement parlant, n'exerce pas son action suivant des lignes parallèles. Il est évident que la surface d'un fluide doit toujours être perpendiculaire à la direction de la résultante des forces qui agissent sur lui; et puisque la terre tourne sur son axe, la force centrifuge résultant de ce mouvement doit se combiner avec celle de gravitation, pour déterminer la position de la surface générale de l'Océan.

Nous conclurons de ces principes que la pression d'un fluide sur chaque particule du vaisseau qui le contient, ou de toute autre surface, réelle ou imaginaire, en contact, est égale au poids d'une colonne du fluide, dont la base serait cette particule, et la hauteur sa distance à la surface du fluide. Ainsi, supposant un récipient d'un pied de profondeur, chaque pied carré de sa base supportera une pression égale à celle d'un pied cubique d'eau.

Si nous concevons un fluide partagé par une surface imaginaire, il est évident que les particules aqueuses en contact seront pressées par des forces égales, la masse inférieure du fluide les pressant et les soulevant avec autant de force que la masse supérieure les refoule ; en admettant toutefois que leur propre poids est comparativement plus considérable, car, sans cette égalité de pression, il leur serait impossible d'affecter l'état de repos. Si alors, en plongeant un vase dans le liquide, on lui fait occuper la place d'une portion supérieure de ce liquide, la pression exercée sur le vase sera la même que celle qui précédemment portait le poids du fluide déplacé; et pour que l'équilibre soit maintenu, le vase doit exercer lui-même une pression égale à celle du fluide inférieur; de telle manière que la pression du fond est la même que si le vase fût resté dans son état primitif, et rempli à la même élévation. D'où il suit que la pression exercée sur la base d'un vase de forme conique ou pyramidale, rempli d'eau, est triple du poids du liquide, puisque sa contenance est le tiers de celle

d'une colonne qui aurait la même hauteur et la même base.

Cette propriété des fluides est la source d'une foule de résultats étonnans pour ceux qui ne sont pas familiarisés avec le sujet, ce qui lui a fait, à juste titre, donner le nom de paradoxe hydraulique : il est la conséquence des principes mécaniques généraux les plus connus. Aussi ne partageons-nous pas l'opinion de quelques auteurs qui pensent qu'une faible quantité de fluide ne saurait mécaniquement être employée avec avantage, pour équilibrer un poids d'une dimension quelconque ; car, dans le plus grand nombre de circonstances, cette force agit à la manière du coin, ou d'un plan incliné mobile : or, un coin reste en équilibre, lorsque les forces qui agissent sur ses côtés sont proportionnelles à sa longueur, et il en est de même de la pression hydraulique sur les parois d'un vase de forme semblable.

Les conditions de l'équilibre des fluides se déduisent également de la loi générale de la position du centre de gravité au point le plus bas. Car il est facile de démontrer que, même lorsque les deux branches d'un tube

ont un diamètre inégal, il faut, pour que l'équilibre ait lieu, que le fluide soit au même niveau dans les deux branches.

L'air et tous les fluides élastiques, aussi bien que les liquides, obéissent à cette loi générale. Ainsi on obtient un volume d'air plus considérable avec un grand qu'avec un petit soufflet : et, pour la même raison, un souffleur de verre doit plutôt faire usage des muscles de la bouche et des lèvres, que de ceux de sa poitrine, quoique ceux-ci soient plus forts.

Il est évident que la pression exercée sur chaque pouce carré de la paroi d'un vase, ou sur chaque pied carré de la rive d'un fleuve, augmente constamment à mesure qu'on avance vers le fond. Si nous voulions savoir la somme des pressions sur tous les points du rivage, il faudrait, pour y parvenir, prendre une profondeur moyenne, et ce serait la profondeur du point qui serait le centre de gravité de la surface, s'il était exprimé en poids. Ainsi, si nous avions un cube creux rempli d'eau, le centre de gravité étant pour chaque côté dans le point milieu, la pression sur chacun des côtés per-

pendiculaires serait moitié de la pression exercée sur le fond, c'est-à-dire qu'elle serait égale à la moitié du poids de l'eau contenue dans le cube.

Jusqu'ici nous n'avons parlé des propriétés des fluides que dans leur contact avec des solides immobiles, dont la forme est invariable; mais il arrive fréquemment qu'ils agissent sur des substances mobiles, ou qu'ils sont renfermés dans des vases dont la forme est susceptible de varier : dans ces cas, il faut invoquer d'autres lois pour reconnaître l'équilibre des fluides relativement aux solides; et d'abord nous allons examiner les propriétés des *corps flottans*.

Lorsqu'un solide flotte dans un fluide, il déplace une quantité de fluide égale à son propre poids, ou autrement il coulerait à fond. Car, pour que le solide soit en repos, il faut que la pression du fluide déplacé, réduite à la verticale, soit parfaitement égale au poids du corps; mais avant l'immersion la pression avait lieu sur la portion du fluide déplacé, et était exactement équilibrée par son propre poids : conséquemment ce poids était égal à celui du corps flottant; et puis-

que la force qui supporte le poids du corps flottant est la même que la pression du fluide déplacé, si on enlève ou qu'on diminue cette pression, le corps restera en repos sous la surface du fluide, même s'il est spécifiquement plus léger.

Pour qu'un corps flottant soit en équilibre, il faut aussi que son centre de gravité soit dans la verticale du centre de gravité du fluide déplacé : autrement le poids du solide ne saurait être complètement équilibré par la pression du fluide. La nature de l'équilibre, eu égard à la stabilité, est déterminée par la position du *métacentre*, ou centre de pression, qui peut être considéré comme un point fixe par rapport au solide. Sa position peut toujours être déterminée par la forme et l'étendue de la surface du fluide déplacé, comparée à son volume et à la situation de son centre de gravité. Par exemple, si une solive triangulaire flotte sur sa surface plate, la hauteur du métacentre au-dessus du centre de gravité, sera à la largeur de la solive, comme cette largeur à douze fois l'enfoncement de la partie immergée. D'où il suit que si la solive

est carrée, elle flottera, soit que la portion sous le fluide, ou la portion au-dessus de sa surface, soit moindre de $\frac{21}{100}$ de sa longueur totale : mais si elle est moins inégalement divisée par la surface du fluide, elle enfoncera. Si cependant sa largeur l'emportait à peu près d'un quart sur la profondeur, elle conserverait un certain degré de stabilité, quelle que fût sa densité.

Quand l'équilibre d'un corps flottant est stable, il peut osciller suivant un mouvement de va et vient, autour du point de repos : et ces oscillations sont d'autant plus rapides que la stabilité est plus grande comparativement au volume du corps.

Quand un solide est entièrement immergé, et conserve sa position à l'aide d'une force extérieure, il perd un poids équivalant à celui d'un volume égal de fluide. Car si l'on suppose que le fluide déplacé par le corps soit converti en masse solide par la congélation, il est clair qu'il conservera sa position, et la différence des pressions du fluide sur sa surface suffira exactement pour soutenir son poids; mais ces pressions resteront les mêmes si on substitue au fluide congelé

un corps de toute autre espèce ; et conséquemment leur effet flottant peut toujours être évalué par le poids d'une portion du fluide égale en volume à celui du corps.

Pendant qu'un corps s'élève ou s'enfonce dans un fluide, avec un mouvement accéléré, la force de gravité étant partiellement employée à engendrer cette force, soit dans le fluide ou dans le solide, la pression entière du fond du vase est nécessairement un peu affaiblie. C'est pourquoi la pesanteur apparente d'une jarre d'eau subit une légère diminution, si on y introduit un boulet, ou si des bulles d'air s'échappent à sa surface ; mais cette différence est rarement assez grande pour devenir sensible.

Si l'on verse un fluide dans un vase de nature flexible, ses parois s'arrondissent à cause de la pression, et la courbe augmente dans le rapport de la pression : la forme de la surface courbe sera telle aussi que le centre de gravité commun au fluide et au vase, atteindra le point le plus bas possible ; mais cette forme est généralement trop compliquée pour qu'on puisse la déterminer par le calcul.

SECTION II.

De l'équilibre des fluides aériformes, ou pneumatique.

Les lois de la pression et de l'équilibre des liquides, sur lesquelles repose la science de l'hydrostatique, s'appliquent généralement aux fluides de toute espèce, lorsqu'elles peuvent s'accorder avec leur compressibilité et leur propriété d'expansion.

Les fluides élastiques se distinguent des liquides, par l'absence de toute force cohésive, ou par leur tendance immédiate à s'étendre lorsqu'ils sont à l'état libre. Tels sont l'air atmosphérique, les vapeurs et les gaz de toute espèce. La pneumatostatique, ou l'équilibre des fluides élastiques, consiste dans l'examen de ces mêmes fluides, à l'état de repos.

Il est facile de se convaincre que l'air est une substance matérielle, susceptible de résister à la pression, en plongeant dans l'eau un vase vide ou en transvasant l'air et les gaz, d'un récipient dans un autre, comme dans l'appareil pneumatique usité par les chimis-

tes. On démontre également la propriété expansive de l'air, en plaçant une vessie flasque, ou un fruit ridé, sous le récipient de la machine pneumatique; car à mesure que l'air extérieur est enlevé et que sa pression n'agit plus, la vessie se gonfle et le fruit reprend sa première grosseur. Mais la force expansive est convenablement appréciée, si l'on met une portion d'air dans un vaisseau de verre, avec une certaine quantité de mercure, dans lequel on plonge l'extrémité d'un tube, l'autre restant libre. L'appareil ainsi disposé, si on le place sous une grande cloche, et que l'on épuise l'air qui y est contenu, la colonne du mercure devient la mesure de la force expansive de l'air.

Si, dans un appareil de cette espèce, le diamètre du tube était très-petit comparativement au volume de l'air contenu, la colonne de mercure s'élèverait à une hauteur de vingt-huit pouces (76 centim.) environ, dans les circonstances ordinaires de l'atmosphère. Mais si l'on suppose que la dimension du tube soit telle que l'expansion réponde à deux fois son volume, la hauteur ne serait que de quatorze pouces avant que le mer-

cure pût en atteindre une capable de l'équilibrer ; car c'est une loi générale pour les fluides élastiques, que la pression qu'ils exercent sur une surface donnée, diminue dans le même rapport que leur volume augmente.

Il paraît que non-seulement l'air atmosphérique et les autres gaz constamment élastiques, mais aussi la vapeur, sont assujétis à cette loi générale : il faut toutefois les éprouver dans des limites de températures où ils conservent leur état d'élasticité.

Il est facile de se convaincre que l'air qui nous environne obéit à la force de gravitation et qu'il est pesant, en prenant le poids d'un vase vidé d'air par la machine pneumatique, le remplissant d'air nouveau et en opérant ensuite la pesée. C'est ainsi qu'on obtient la pesanteur spécifique de l'air, même lorsque le vide n'est pas parfait, quand nous connaissons toutefois le rapport entre l'air resté dans le vase et celui qu'il contenait d'abord. L'ascension du gaz hydrogène, ou d'une portion d'air raréfiée par la chaleur, est une conséquence de la pression exercée par l'air atmosphérique.

L'élasticité unie au poids de l'atmosphère,

explique comment les parties les plus élevées sont plus rares que celles qui touchent à la surface de la terre, puisque la densité est partout proportionnelle à la masse du poids superposé. Le poids d'une colonne d'air d'un pied de haut est la vingt-huitième millième partie de la pression totale. Conséquemment cette pression est augmentée d'un $\frac{28}{1000}$ par l'addition du poids d'un pied, et le pied ensuite sera plus dense dans le même rapport, puisque la densité est toujours proportionnelle à la pression : celle-ci augmentée successivement, sera toujours égale à vingt-huit mille fois le poids d'un pied, dans l'ordre successif. Ce même raisonnement pourrait avoir lieu indéfiniment, et on prouverait que les hauteurs variant uniformément, soit par pied ou par lieue, les pressions et les densités croîtraient en proportion continue. Ainsi, à une hauteur d'environ trois mille brasses, la densité serait moitié de ce qu'elle est à la surface de la terre ; à une hauteur de six mille, elle serait d'un quart ; à neuf mille, un huitième. D'où il suit que la hauteur exprimée en brasses se trouve représentée par le logarithme du nombre qui exprime la densité

de l'air : car le logarithme de 2 multiplié par 10,000 est 30,10, le logar. de 4., 6,020, et celui de 8. 9,031.

C'est ainsi qu'on obtient une méthode facile de déterminer avec assez d'exactitude la hauteur des montagnes : mais pour la reconnaître avec précision, il faudrait préalablement tenir compte des effets de la chaleur et reconnaître la nature des vapeurs dans leur mouvement ascendant : or ces données ne sont pas ici de notre ressort (1). Nous parviendrions aussi à déterminer, d'après les mêmes principes, à quelle hauteur s'élèverait un ballon dont nous connaîtrions le volume et le poids.

Il paraît toutefois que tous les corps qui existent à la surface de la terre sont soumis à la pression d'une colonne d'air de vingt-sept mille pieds de haut, en supposant partout sa densité égale à celle qu'elle exerce à la surface du globe ; on l'évalue égale à celle de vingt-huit pouces de mercure, ou trente-deux pieds d'eau, ce qui équivaut à quatorze livres trois quarts par pouce carré. Cette pression agit dans toutes les directions, et

(1) Voir la Physique.

comme elle est équilibrée par l'élasticité des substances sur lesquelles elle opère, ses effets ne sont point sensibles : mais si, à l'aide de la machine pneumatique, ou par tout autre moyen, on fait le vide d'un côté, tandis que de l'autre le corps éprouve la pression de l'air atmosphérique, celle-ci exerce une action très-marquée. Ainsi, lorsqu'on épuise d'air deux hémisphères de cuivre en contact, ils acquièrent une force extraordinaire de cohésion : on a donné le nom d'hémisphères de Magdebourg à deux appareils semblables, construits par Otto de Guérike de Magdebourg, et qui tenaient assez ensemble, par cette pression, pour arrêter le char de l'empereur, tiré par six chevaux vigoureux.

Si l'on met la main sur l'ouverture d'un flacon ajusté sur la machine pneumatique, la main y adhère fortement, lorsque le vide est fait, à cause de la pression qu'exerce l'air extérieur sur le dos de la main : il arrivera même que les fluides qui circulent dans les vaisseaux sanguins, seront refoulés à la partie basse de la main, et produiront un effet semblable à celui de la succion.

Ce fut Galilée qui, le premier, expliqua

l'ascension des liquides dans les corps de pompe, par les effets de la pression atmosphérique. Toricelli, son élève, confirma sa doctrine au moyen d'une colonne de mercure, suffisamment haute pour faire équilibre au poids de l'atmosphère, et produire le vide dans la partie supérieure du tube qui le renfermait.

Lorsqu'on remplit de mercure un tube de verre, d'environ trois pieds de long, fermé par un bout et ouvert de l'autre, et qu'on le plonge alors dans un bain du même fluide, la pression atmosphérique est sans action sur la partie haute de la surface du mercure dans le tube, tandis qu'elle continue à agir sur la surface du bain, et conséquemment sur le bas de la colonne du mercure dans le tube. Si l'on place alors celui-ci sous le récipient de la machine pneumatique, le mercure s'abaisse dans le tube, en raison de la moindre pression de l'atmosphère; et si le vide est complet, il descendra à peu près au niveau du bain. Si on réintroduit l'air, le mercure s'élève ordinairement à vingt-huit pouces au niveau de la mer, mais les variations de la pesanteur de l'air font osciller cette hau-

teur entre vingt-sept et vingt-neuf pouces. Cet instrument, qui sert à mesurer la pesanteur de l'air, se nomme *baromètre.* C'est par la même cause qu'une colonne d'eau de trente à trente-quatre pieds de haut peut être soutenue dans le corps d'une pompe; mais si celui-ci est plus long, il s'opère un vide dans la partie supérieure, qui neutralise l'action de la pompe.

La même méthode qu'on emploie pour déterminer le rapport entre les hauteurs et les densités des fluides élastiques, s'applique à tous les corps compressibles et élastiques, suivant les mêmes lois; et il est présumable que ces lois sont applicables à tous les corps de la nature, tant qu'ils sont susceptibles de pression sans que leur forme soit altérée. Canton (et depuis MM. Oersted et Perkins) a expérimenté que l'eau, par exemple, était réduite à 1 $\frac{22}{1.000}$e de son volume, à l'aide d'une pression égale à celle de l'atmosphère : conséquemment cette force peut être évaluée celle d'une colonne d'eau de sept cent cinquante mille pieds de haut, et la densité de l'eau au fond d'un lac ou de la mer, est donc augmentée par la pression de la masse li-

quide supérieure ; et si l'on suppose que la loi de la compression agisse ici comme pour l'air, on en conclura qu'à une profondeur de cent milles (33 lieues), sa densité sera double ; et à deux cents, elle sera quadruple.

CHAPITRE II.

De l'hydrodynamique.

SECTION PREMIÈRE.

Théorie de l'hydrodynamique.

Après avoir examiné les cas principaux de l'équilibre des fluides, liquides et aériformes, nous allons maintenant nous occuper de leurs mouvemens. Malgré les difficultés inhérentes au développement de la théorie mathématique de l'hydraulique, on a fait tant d'expériences pratiques, qu'il est permis de penser qu'en comparant leurs résultats, on ne s'écartera pas de la vérité de plus d'un cinquième, et même d'un dixième sur l'ensemble: or, c'est un degré d'exactitude bien suffisant pour la pratique, et il n'était guère présumable qu'on obtiendrait ce résultat, vu l'état de la science au commencement du dernier siècle. Ces progrès sont dus particulièrement

à un examen approfondi du frottement des fluides, qui nous fournira la matière d'une section séparée.

L'action mécanique repose sur un principe nettement établi par Huygens et dont D. Bernoulli a fait la base de ses recherches intéressantes en hydrodynamique. Si l'on suppose qu'il ne se perd point de force dans la communication du mouvement à différens corps appartenant à un système quelconque, ils devront toujours acquérir, en descendant dans l'espace, des vitesses telles, que le centre de gravité du système puisse s'élever à une hauteur égale à celle dont il est descendu, malgré l'action réciproque des corps. L'évidence de ce principe est démontrée par les lois du choc, comparées aux propriétés des forces accélératrices. L'application de cette loi à la détermination du mouvement des fluides, admet d'autres hypothèses, et dans une foule de cas il faut nécessairement supposer qu'une partie de la force ou de l'énergie d'ascension est perdue, en raison des mouvemens internes des molécules du fluide. Toutefois, sauf quelques restrictions, ce principe nous offre une méthode exacte pour

résoudre certains problêmes, qui, sans lui, resteraient sans solution. La principale hypothèse, admise par Bernoulli, sans en donner de démonstration, est celle-ci : « Que toutes les particules d'un fluide en mouvement, contenu dans une section transversale des vases ou des tuyaux par lesquels il coule, se meuvent avec une vitesse égale ; » de sorte que si l'eau descend dans un vase de forme quelconque, il suppose que les particules à la même hauteur se meuvent avec la même vitesse. Or, il est évident que cela ne saurait être vrai pour les molécules fluides les plus rapprochées du fond du vase, puisque les plus distantes de l'orifice sont presque à l'état de repos, tandis que celles qui touchent immédiatement à l'orifice sont dans un mouvement rapide; mais cependant les calculs fondés sur ces hypothèses s'accordent assez bien avec les résultats de l'expérience.

Nous avons déjà dit que l'on calculait cette vitesse, en multipliant la racine carrée de la hauteur du réservoir, exprimée en pieds, par huit, ou plus exactement par huit $\frac{1}{44}$; ainsi, si la hauteur est de quatre pieds, la vitesse sera de seize pieds par seconde; si la hauteur

est de neuf pieds, la vitesse sera vingt-quatre; les carrés de deux et trois, étant quatre et neuf.

La vitesse est toujours la même quelle que soit la direction du courant, car, puisque la pression des fluides s'exerce dans toutes les directions, à égales profondeurs, la cause étant semblable, l'effet reste le même. Et si le mouvement est occasioné par la pression d'une force de toute autre espèce, on peut en trouver l'effet en calculant la hauteur d'une colonne de fluide capable de produire une pression égale. On peut déterminer la vitesse par le même procédé, lorsque la force résulte de la différence de deux pressions.

Mais ces calculs ne sont confirmés par l'expérience que dans les cas où l'ajutage qui donne issue au fluide est construit d'une manière particulière : c'est-à-dire lorsqu'il consiste en un tube court, dont les parois sont courbées de telle manière que les particules du fluide, après en avoir parcouru les contours pendant quelque temps, s'échappent en direction parallèle à l'axe du courant. Ce résultat se fait mieux sentir dans

un tube de forme conique, parce qu'alors le courant se contracte, après avoir dépassé l'orifice.

Cette contraction du courant et la diminution qui en résulte pour la décharge, proviennent indubitablement de l'obstacle qu'éprouvent les molécules fluides qui s'échappent latéralement, de la part de celles qui se meuvent dans une direction perpendiculaire à l'orifice.

Si on ajoute à l'orifice dont il vient d'être parlé, un court tube cylindrique, il est probable que le mouvement restera le même dans l'intérieur du tube : mais il faut alors supposer que le vaisseau est alongé, et qu'il possède, à l'extrémité du tube, un nouvel orifice, auquel les particules fluides n'arrivent plus par des mouvemens latéraux, et qui n'éprouve par conséquent pas une contraction nouvelle ; c'est pourquoi la décharge par cet orifice peut être évaluée à peu près la même, la pression primitive du fluide continuant à agir jusqu'à ce que le courant s'échappe.

L'effet produit par un court tuyau, pour augmenter la décharge, cesse lorsque l'eau

se sépare de ses parois, et qu'il n'est plus rempli par le courant, puisqu'alors rien ne distingue son mouvement de celui d'un courant qui s'échappe par un orifice simple; mais l'augmentation n'est pas due simplement à la cohésion de l'eau sur les parois du tuyau, car l'expérience démontre que l'effet est à peu près le même dans le mouvement de l'air et dans celui de l'eau. La décharge est infiniment plus considérable, dans le cas d'un tuyau conique divergent, ou d'un tuyau terminé par un cône, qu'avec un simple tuyau conique, mais cependant pas encore aussi forte que si l'on suppose qu'aucune force n'est perdue.

Les expériences de Venturi, comparées à celles de Bernoulli, démontrent l'analogie qui existe entre les effets obtenus par les tuyaux cylindriques et coniques.

Lorsqu'un *siphon*, ou tube recourbé, est rempli d'un fluide, et que ses extrémités sont plongées dans des fluides de même espèce, contenus dans différens vases, si les deux surfaces sont au même niveau, le tout sera en repos: mais s'il en était autrement, la plus longue colonne du tube pèserait davantage,

et la pression de l'atmosphère ferait monter le fluide du vase le plus élevé, jusqu'à ce que l'équilibre se rétablisse, pourvu toutefois que cette pression soit assez puissante ; car, si la hauteur du tube était plus considérable que trente-deux pieds pour l'eau, ou vingt-huit pouces pour le mercure, la pression de l'atmosphère serait impuissante pour faire monter le fluide dans la partie supérieure du siphon, laquelle restant pleine d'air, empêcherait l'écoulement du fluide (fig. 20).

Si l'on vide le vaisseau le plus bas, le siphon coulera aussi long-temps qu'il sera alimenté par le fluide du vase supérieur, avec une vitesse correspondante à l'élévation de la partie du fluide dans la longue tige.

Il est évident que pour qu'un siphon puisse couler, il convient d'abord de le remplir : il coulera ensuite jusqu'à ce que le réservoir soit épuisé au niveau de son orifice supérieur. Ceci rend compte du phénomène manifesté par certaines *sources intermittentes*, qui commencent à couler lorsque les réservoirs qui les forment ont été remplis par des pluies abondantes, puis elles s'épuisent lorsque le temps redevient sec. On obtient un

grand nombre de modifications de l'arrangement de siphons et de réservoirs de cette espèce (fig. 20).

La vitesse d'un *jet d'eau* ou d'un *courant*, qui s'échappe par un simple orifice, ou un orifice convergent, est à peu près égale à celle d'un corps pesant qui tomberait de la hauteur du réservoir; si on les dirige en l'air, ils s'élèveront presque à la même hauteur et n'éprouveront qu'une légère différence occasionée par la résistance de l'air et par la force employée à produire la vitesse avec laquelle les particules s'échapperont latéralement, avant qu'elles commencent à descendre. L'expérience vient à l'appui de cette assertion (fig. 21).

Si un jet d'eau s'échappe suivant une direction oblique ou horizontale, sa forme sera parabolique, puisque chaque particule tendra, comme autant de projectiles, à décrire la même parabole dans sa portée.

Jusqu'ici nous avons considéré les mouvemens des fluides comme continus dans la même direction; nous devons maintenant les envisager dans les changemens que subissent fréquemment leurs mouvemens, qui

deviennent alors singulièrement analogues aux vibrations des pendules : ainsi, lorsqu'un long tube est plongé dans un fluide, suivant une direction verticale, et que la surface du fluide dans le tube s'élève tant soit peu, par quelque cause extérieure, tout le contenu du fluide sera forcé à s'abaisser par une force qui décroîtra proportionnellement à l'élévation de la surface au-dessus du niveau général du fluide dans le réservoir, et lorsque les deux surfaces auront acquis le même niveau, le mouvement continuera à avoir lieu, par suite de l'inertie des particules du fluide, jusqu'à ce qu'il soit anéanti par la différence des pressions qui tendaient à la retarder; cette altération aura lieu, jusqu'à ce que le mouvement soit détruit par le frottement et autres résistances. Il est clair aussi que puisque deux vibrations quelconques, dans lesquelles les forces sont proportionnelles aux espaces décrits, s'accomplissent dans des temps égaux, ces altérations réclameront exactement le même temps, pour leur durée, que les vibrations d'un pendule, dont la longueur serait égale à celle du tube entier.

Il ne paraît pas toutefois que les lois sur les vibrations des fluides dans des tubes, soient applicables à l'explication du phénomène des *vagues*. Newton avait supposé que chaque vague pouvait être comparée à un fluide oscillant dans un tuyau recourbé; mais l'analogie est trop loin de la vérité pour se plier à une démonstration. Lagrange nous a fourni une méthode exacte et nouvelle de déterminer le mouvement des vagues, à laquelle M. Th. Young a donné une application plus générale. Il résulte des recherches de ce savant, que si on supposait les fluides infiniment élastiques, c'est-à-dire complètement incompressibles, et exempts de toute espèce de frottement, toute impulsion, quelque faible qu'elle soit, communiquée au fluide, serait transmise à sa surface entière, avec une vitesse égale à celle qu'aurait acquise un corps pesant qui tomberait à moitié de la profondeur du fluide : cet habile mécanicien ajoute que l'expérience et l'observation lui permettent de croire que si l'élévation ou la dépression de la surface est considérablement étendue, proportionnellement à la profondeur, la vitesse est à peu près celle

mentionnée ci-dessus à $\frac{1}{8}$ ou $\frac{1}{10}$ seulement de la vitesse totale; dans le cas où un certain nombre de petites vagues se succèdent à des intervalles considérables, moindres que la profondeur, il s'est appliqué à calculer le retard occasioné par l'imperfection d'élasticité ou de compressibilité du fluide; mais il est probable que le mouvement des petites vagues est encore beaucoup plus lent que ne semble l'indiquer le calcul.

Les recherches sur le mouvement des vagues étant d'un intérêt plus spéculatif qu'avantageux dans ses applications pratiques, nous ne nous étendrons pas davantage sur ce sujet.

SECTION II.

Du frottement des fluides.

Nous avons jusqu'à présent considéré les mouvemens des fluides, sans tenir compte de la résistance qu'ils éprouvent de la part des vases qui les contiennent, ou du choc que reçoivent les unes des autres leurs molécules; et cependant il est une foule de circonstances dans lesquelles ces frottemens influent singulièrement sur les résultats de

nos calculs ; à tel point qu'antérieurement aux travaux si judicieux de Du Buat sur ce sujet, il était impossible d'appliquer à la pratique cette partie de la théorie de l'hydraulique.

C'est particulièrement dans les mouvemens des rivières, où presque toute la force de gravité est employée à leur faire obstacle, que le frottement démontre ses effets. Si l'inclinaison et la dimension d'une rivière sont uniformes, la vitesse est partout la même; car autrement la profondeur serait inégale. Or, ici, la force de gravitation doit être un contrepoids exact à la résistance à vaincre, pour que l'eau puisse couler avec sa vitesse effective; cette vitesse ayant été déduite primitivement de l'effet de sa plus grande inclinaison à sa source. Quand une rivière suit ainsi son cours, d'un mouvement uniforme, on dit qu'elle est entraînée, et il est évident que toute augmentation dans son cours ne produira aucun changement dans sa vitesse. Il y a donc une bien grande différence entre le cours d'une rivière et la descente d'un corps, par un mouvement accéléré, sur une surface inclinée. Car si un corps solide est placé sur un plan incliné, la force du frot-

tement est, ou assez grande pour contrebalancer son poids et le maintenir en repos, ou bien le frottement est toujours moindre que la gravitation, et le mouvement est toujours accéléré. Mais la résistance qui s'oppose aux mouvemens des fluides est due à des causes diverses; principalement à l'irrégularité des mouvemens et aux chocs réciproques de leurs molécules, plus encore qu'à la viscosité des fluides, qui, lorsqu'elle existe, est une force à peu près uniforme, semblable à celle du frottement : d'où il suit que, suivant les principes mécaniques, cette résistance varie à peu près dans le rapport du carré de la vitesse : puisque lorsqu'un corps se meut, suivant une certaine courbe, la force centrifuge est toujours comme le carré de la vitesse.

Puisque le frottement varie comme le carré de la vitesse, et même qu'il augmente dans le même rapport, il doit exister une limite, que la vitesse ne saurait dépasser, au moyen de quelque force constante, et cette limite est celle où la résistance de la vitesse devient égale à la force. Voilà pourquoi le poids de l'eau d'une rivière est complète-

ment employé à vaincre le frottement provenant du lit et des rives, lorsqu'elle a une fois acquis une vitesse stationnaire.

Il est évident que le frottement d'un fluide qui se meut sur la surface d'un solide n'éprouvera aucun retard sensible dans son mouvement, si les particules de ce fluide sont elles-mêmes susceptibles de se mouvoir les unes sur les autres, sans la moindre résistance : car dans ce cas une faible portion du fluide en contact immédiat avec le solide, resterait en repos, tandis que la masse glisserait sur elle sans éprouver de retard. Il paraît cependant que l'eau en contact avec le lit de la rivière coule assez lentement; que la couche d'eau superposée à celle-ci coule un peu plus fort, de telle sorte que la vitesse augmente plus l'eau approche de la surface; d'où il suit que la résistance doit être beaucoup plus grande, lorsque les molécules de l'eau glissent les unes sur les autres, que lorsqu'elles coulent sur la surface d'un solide. Il existe toutefois beaucoup d'irrégularités dans la proportion des vitesses à diverses profondeurs, et on a souvent observé, peut-être à cause de la ré-

sistance de l'air, que la vitesse est un peu moindre à la surface que quelques pouces plus bas. Le même raisonnement explique pourquoi la vitesse d'une rivière est plus considérable au milieu que sur ses rives, et pourquoi la surface du milieu des eaux est légèrement convexe.

Le cours des rivières est quelquefois interrompu par une écluse ou une chute, soit naturelle, soit artificielle; en pareil cas, le calcul de la vitesse se fait comme pour un fluide qui sortirait d'un réservoir par une ouverture extrêmement élevée.

Il résulte des calculs qui ont été faits sur l'effet des modifications apportées aux dimensions du lit des rivières, que la surface de leurs eaux subit une très-légère élévation lorsqu'on diminue considérablement la largeur, mais que ce changement augmente singulièrement sa rapidité. Il arrive souvent, lorsque le fond est d'une nature molle, que les matières sont alors entraînées, et le lit creusé profondément.

On remarque généralement que dans les endroits où les eaux d'une rivière forment des sinuosités considérables, la vitesse du

courant est plus grande à la partie concave qu'à la partie convexe de sa courbure, c'est-à-dire à la plus grande distance du centre de la courbure. On doit attribuer cet effet à la force centrifuge qui accumule l'eau de ce côté, de sorte que les bords en sont comme minés, et le canal en devient plus profond par suite du frottement.

Par des considérations de l'ordre de celles qui nous conduisent à déterminer la vitesse des eaux d'une rivière, nous pourrons calculer la quantité d'eau que déverse un tuyau, quelle que soit sa dimension ou la position qu'il affecte. Les mêmes termes nous serviront pour l'appréciation de la grandeur du frottement dans les deux cas : on peut considérer un tuyau comme une petite rivière, dont la moindre profondeur est le quart de son diamètre; mais une partie seulement de la force de gravitation est employée à vaincre le frottement, et le surplus sert à produire la force de l'eau. Nous obtiendrons une détermination suffisamment exacte de la vitesse, en supposant que la hauteur du réservoir au-dessus de l'orifice du tuyau est diminuée dans le même rapport que le diamè-

tre du tuyau est augmenté, en y ajoutant la cinquantième partie de sa longueur, et si l'on trouve que la vitesse entière corresponde aux $\frac{4}{5}$ de sa hauteur. Ainsi le diamètre du tuyau étant d'un pouce, et sa longueur de cent pouces, nous supposerons que la hauteur réelle peut être réduite à $\frac{1}{3}$ pour le frottement, et la décharge devra être calculée d'après une hauteur de $\frac{4}{5}$ en sus, laquelle sera considérée comme une réduction provenant des chocs et des mouvemens réciproques des particules entrant dans le tuyau. Si le diamètre de celui-ci eût été de deux pouces, on aurait supposé la hauteur réduite à moitié par le frottement. Ce dernier toutefois donnerait une décharge environ cinq fois plus considérable que le premier, quoique son diamètre ne fût que double : ce résultat est fort remarquable, et mérite l'attention de ceux qui s'occupent de la distribution des eaux pour les usages domestiques.

En semblable occurrence, il est souvent nécessaire de mesurer l'angle que forme un petit tuyau emmanché avec un autre plus large. Toutes les fois qu'un tuyau est courbé, il y a perte de force, suivant le degré

de courbure et la vitesse de l'eau; mais si on introduit un tuyau dans un autre, à travers lequel l'eau se meut très-rapidement dans une direction contraire à celle du courant, sa décharge sera non-seulement beaucoup moindre que si les directions coïncidaient plus complètement, mais il peut arriver qu'un tuyau ainsi ajusté ne donne lieu à aucun écoulement.

On conçoit aisément, d'après ce que nous avons dit ci-dessus relativement à la perte de force qui résulte de tout changement dans la vitesse, combien on peut éprouver de mauvais effets lorsqu'on dilate ou qu'on resserre inutilement les appareils conducteurs de l'eau. Cette observation a des applications nombreuses dans l'économie animale. On remarque que lorsqu'une artère se dilate de manière à causer un anévrisme, cela a lieu dans la partie supérieure de sa cavité; cet effet résulte de l'accroissement de résistance occasionée par l'anévrisme et, peut-être aussi, par la faiblesse primitive de l'artère.

SECTION III.

De la pression hydraulique.

Les effets réciproques des fluides et des solides mobiles les uns sur les autres, reposent principalement sur les principes de la pression hydraulique et de la résistance des fluides, que Bernoulli considérait comme constituant une partie distincte de l'hydrodynamique, sous le titre d'hydraulicostatique, partie de la science dont l'importance est appréciée depuis que l'on sait que l'application de la puissance du vent et de l'eau aux moulins et à la navigation, en sont des dépendances. L'impulsion d'un fluide diffère essentiellement de celle d'un solide ; car, dans les mouvemens de celui-ci, la moindre force possible fait équilibre à la plus forte pression possible ; mais puisqu'on suppose les molécules fluides infiniment petites, la force d'un courant doit toujours être balancée par une certaine pression déterminée, sans imprimer de mouvement au solide qui lui fait opposition ; d'où il suit que cette partie de l'hydraulique n'a rien d'analogue

avec la mécanique proprement dite. Il est vrai que quand une certaine masse fluide doit n'exercer qu'une action presque instantanée, son effet est à peu près semblable à celui d'un solide; car ici la distinction essentielle, celle qui résulte de l'action successive des molécules, n'existe pas.

Si une partie du poids d'un fluide s'épuise à procurer le mouvement dans quelque direction que ce soit, sa pression sur le récipient diminue dans cette même direction, suivant une force égale; car la gravitation employée à engendrer la vitesse ne saurait en même temps développer la pression; et si le mouvement produit l'est dans toute autre direction que la verticale, son obliquité est due à la réaction opérée aussitôt par le récipient, ou quelque obstacle fixe : or, il est évident qu'une force verticale comme celle de la gravitation ne saurait donner lieu à un mouvement oblique ou horizontal.

Un faible courant qui s'échappe du fond d'un vase, réclame, pour être mis en mouvement, un poids égal à celui d'une colonne de fluide, qui aurait pour base l'orifice par lequel il s'écoule, et pour hauteur deux fois

celle du vase. Si ce courant s'échappait du vase dans toute autre direction, l'effet de la pression diminuée dans cette direction serait à peu près le même que si le vase était soumis à une pression égale quelle qu'elle fût, dans une direction contraire; et si le vase était mobile, il acquerrait, dans cette direction, un mouvement progressif ou de rotation. Ainsi, lorsqu'un vase ou un tuyau est fixé sur un centre, et qu'un jet d'eau s'en échappe latéralement, le vase tourne d'abord avec vitesse, mais bientôt le mouvement de rotation devient nul en raison de la force employée à procurer successivement aux molécules liquides un mouvement circulaire.

Lorsqu'un jet frappe obliquement une surface plane, sa force pour pousser un corps dans sa propre direction est à peu près proportionnelle à la hauteur à laquelle s'élèverait le jet, s'il était pareillement incliné à l'horizon. Mais lorsqu'un plan est placé obliquement par rapport à un courant, la force qui le pousse dans la direction du courant est tant soit peu affaiblie à cause de l'obliquité, qui intercepte en quelque façon le courant.

On a trouvé que la pression qu'exerce un fluide qui frappe perpendiculairement une surface plane, était différente à différens points de cette surface : plus grande vers le centre, moindre sur les bords : de sorte que si l'on pratique une ouverture au centre d'un plan circulaire qui recouvre l'embouchure d'un tube recourbé, le fluide qu'il contient s'élèvera moitié plus haut que si l'embouchure entière était ouverte. Il est également remarquable que deux corps égaux et semblables dans la forme de leur portion en contact avec le fluide, manifestent des résistances très-différentes, en raison de leur forme dans leur partie postérieure, et qu'un mince plateau circulaire offre moins de résistance qu'un long cylindre de même diamètre. Ces particularités ne sauraient s'expliquer par la vague supposition de la résistance occasionée par l'impulsion immédiate des particules isolées du fluide sur le solide : mais elles cessent de surprendre quand on interroge le véritable mode d'action des fluides continus, puisqu'en effet tout le mouvement engendré par le fluide dans le solide, ou par le solide dans le fluide, est commu-

niqué au moyen de la pression, beaucoup plus que par l'impulsion immédiate.

Il paraît que la pression hydraulique de l'air est plus considérable que celle de l'eau, proportionnellement à sa densité, mais la cause n'en est pas bien connue. On a trouvé que l'impulsion perpendiculaire de l'air, sur un plan, dépasse le poids d'une colonne d'air correspondante en hauteur à la vitesse; et quelques auteurs ont affirmé que cet excès était d'un tiers, d'autres de deux tiers. On convient aussi que la résistance est un peu plus grande pour une large surface, que pour un certain nombre de petites dont l'étendue réunie équivaudrait à la grande.

Si l'on voulait apprécier avec plus d'exactitude, en livres, la résistance ou l'impulsion de l'air, pour chaque pied carré d'une surface qui lui serait directement opposée, il faudrait diviser le carré de la vitesse en une seconde, exprimée en pieds, par cinq cents. Ainsi, en supposant la vitesse de cent pieds par seconde, la pression sur chaque pied carré serait de vingt livres; si elle était de mille, deux mille livres. Pour une sphère d'un pied de diamètre, il faudrait

diviser le carré de la vitesse par 1600.

Par le même procédé, nous pourrions apprécier la plus grande vitesse qu'un corps donné peut acquérir en traversant l'espace, puisque la vitesse pour laquelle la résistance est égale au poids serait son expression. Donc, si une sphère d'un pied de diamètre pesait 100 liv., le carré de sa plus grande vitesse serait cent soixante mille, et la vitesse elle-même quatre cents pieds par seconde. Si une pierre de dimensions pareilles traversait l'atmosphère avec une vitesse plus grande, son mouvement serait bientôt ramené à ces proportions ; et un corps plus léger ou plus petit, serait mu plus lentement. Le poids du parachute de M. Garnerin, avec son lest, était environ d'un quart de livre pour chaque pied carré ; d'où il suit que le carré de sa plus grande vitesse devait être d'environ cent vingt-cinq, et sa vitesse de onze pieds par seconde: c'est celle qu'une personne acquerrait en sautant d'une hauteur de deux pieds. M. Garnerin trouvait que la vitesse de son parachute était moindre; et cela est présumable en raison de sa forme concave, qui devait considérablement accroître la résistance.

Ainsi M. Edgeworth a trouvé qu'un plateau de neuf pouces de long, courbé en arc, dont la corde serait de sept $\frac{1}{4}$, augmentait la résistance de plus d'un septième. La diminution de la résistance de l'air en raison de l'obliquité des surfaces, est encore moindre que celle de l'eau.

Lorsque la vitesse d'un corps qui se meut dans un fluide élastique, est très-grande, la résistance est bien plus que le carré de la vitesse. Ainsi le retard qu'éprouve un boulet qui jouit d'une vitesse de mille pieds par seconde, ou un peu moins, devient promptement beaucoup plus considérable que le calcul ne l'indique. La raison de ce phénomène provient de ce que la condensation de l'air chassé par le boulet s'opère nécessairement dans un espace plus petit; l'air y est fortement comprimé, attendu que l'effet de l'impulsion ne peut avoir lieu que suivant une certaine vitesse, qui ne saurait être plus considérable que celle du boulet. Voilà pourquoi on augmente le poids d'un boulet, lorsqu'on veut rendre sa portée plus considérable : car la résistance n'augmente qu'en proportion de la surface du boulet, tandis

que son poids est déterminé par la masse de matière dont il est formé.

Il n'est pas aisé d'expliquer, d'une manière bien satisfaisante, les ricochets d'un boulet ou d'une pierre, qui frappe obliquement la surface des eaux. Nous dirons cependant que, d'abord, la surface du liquide agissant, peu de temps il est vrai, sur la partie basse du boulet, détermine, en raison du frottement, un certain mouvement de rotation, au moyen duquel le boulet, dans sa course, agit sur la masse de l'eau amoncelée devant lui, et en reçoit une impulsion telle qu'il s'élève à une hauteur qu'il n'aurait pu atteindre par la seule pression hydrostatique de l'eau à une profondeur aussi peu sensible. Mais une cause plus puissante que celle-là paraît être la dépression continuelle des surfaces, que l'on suppose réagir sur le boulet, de manière à engendrer un effet semblable à celui que produirait une pression plus intense, si elle eût été stationnaire : l'action mutuelle de l'eau et du boulet peut être comparée à celle d'un courant oblique, ayant la vitesse d'un boulet, qui l'aurait poussé beaucoup plus puissamment qu'une simple

pression hydrostatique à une profondeur beaucoup plus considérable. Il arrive ici, comme dans plusieurs autres circonstances, que les effets qui nous paraissent les plus familiers ne se prêtent pas à une interprétation facile.

CHAPITRE III.

Des machines hydrauliques.

Les modifications des mouvemens des fluides, qui sont utilisés, soit pour les transporter d'un lieu à un autre, soit dans l'application de leur puissance à l'effet d'obtenir des effets mécaniques, peuvent être considérées comme une division distincte de l'hydraulique pratique qui correspond à la doctrine générale des machines dans la mécanique pratique.

SECTION PREMIÈRE.

Des régulateurs hydrauliques.

C'est à l'aide des canaux, des aquéducs ou des tuyaux fermés qu'on se procure l'eau d'un réservoir, dont le niveau est plus élevé que celui du lieu où elle doit être amenée,

quelle que soit la distance qui sépare ces deux points. Dans les endroits où il est impossible d'obtenir une pente non interrompue, il faut nécessairement employer des tuyaux courbés à volonté de bas en haut et *vice versa*, pourvu qu'aucun d'eux ne s'élève à plus de trente pieds au-dessus du réservoir : le tuyau une fois rempli, l'eau continuera à couler par l'ouverture d'en bas ; mais il convient, en pareille circonstance, d'éviter les angles ; car, lorsque le tuyau monte et redescend, une partie de l'air contenu dans l'eau s'accumule dans les angles, et s'oppose à l'écoulement de l'eau dans le tuyau : on donne un libre cours à l'air, en fixant sur le tuyau une boîte qui contient une petite soupape, qui ouvre par bas, et est soutenue par un liége, de manière à rester fermée quand la boîte est remplie d'eau, et qui s'élève, lorsque l'air s'y introduit.

Les expériences de Du Buat sont concluantes sur le diamètre qu'il convient de donner à un tuyau destiné à transporter une quantité d'eau donnée, à une distance convenue. Les tuyaux sont ordinairement faits en bois, en plomb ou en fer coulé ;

mais plus communément en plomb: le cuivre étamé est employé depuis peu avec avantage. Un conduit en plomb soutiendra la pression d'une colonne d'eau de cent pieds de haut, si son épaisseur est d'un centième de son diamètre, ou un peu moins : mais on leur donne généralement plus d'épaisseur, afin d'obvier à tous les inconvéniens qui peuvent se rencontrer.

La forme des robinets et des soupapes est aussi variée que leur destination. Les robinets se composent d'une partie cylindrique ou conique, perforée suivant une direction spéciale, et susceptible de se mouvoir dans la douille du tuyau, de manière à laisser échapper le fluide ou à le retenir ; ou aussi pour servir de moyen de communication entre deux ou plusieurs vases, à volonté. On fait usage de la soupape, lorsqu'un fluide s'écoule dans une seule direction, sans revenir. Les meilleures soupapes, pour l'eau, sont celles qui interceptent le moins son passage : et aucune ne remplit mieux cette condition que la *soupape-taquet* ordinaire, en peau, qui est simple ou composée de deux parties, quelquefois de quatre,

réunies en forme pyramidale, assez semblables aux soupapes doubles et triples que la nature a disposées dans le cœur des animaux.

Avant d'examiner les applications de la force des fluides en mouvement, il convient de nous rendre compte de la manière dont on mesure la vitesse de leurs mouvemens. Elle s'obtient, soit en la comparant à une mesure linéaire, ou par des instrumens combinés d'après les lois de la pression hydraulique : l'un des meilleurs est le tube de Pitot, perfectionné par Du Buat.

Les mouvemens de l'air sont également mesurés par des instrumens de formes semblables à ceux employés pour déterminer la vitesse des courans. On indique, par fois, la direction du vent à l'aide d'un cadran, qui consiste en un index uni par des roues à une girouette ordinaire : on calcule sa vitesse par des jauges à vent de diverses espèces.

Les principaux moyens d'utiliser la force des fluides résident dans l'usage bien entendu de leur poids, de leur impulsion ou de leur pression. L'eau agit par son poids,

lorsqu'on l'accumule dans un réservoir, et qu'à l'aide d'un piston mobile elle monte et descend alternativement dans un tuyau ; ou bien en la dirigeant dans des godets disposés autour d'une roue qui tourne : son impulsion peut être dirigée perpendiculairement ou obliquement à l'égard d'une surface plane, et on aura sa pression, sans impulsion immédiate, en faisant qu'un courant s'échappe horizontalement d'un conduit roulant sur son axe. Quant à la force de l'air, on ne peut l'utiliser qu'en raison de son impulsion, et on doit l'employer, soit perpendiculairement, soit obliquement.

Si l'eau est recueillie dans un seul réservoir, pour faire jouer une pompe ou élever un poids, son mode d'action peut être déterminé par des considérations purement mécaniques : et il est clair que si nous voulons ne rien perdre de la force de l'eau, il faudra employer un second réservoir, qui sera rempli à l'aide du premier, tandis que le second reportera à l'autre l'eau qu'il en aura reçue. L'action d'une colonne d'eau enfermée dans un tuyau, est d'une nature à peu près semblable à celle d'un réservoir de cette espèce,

excepté que l'appareil est plus susceptible de frottement : sa combinaison est la même, mais dans un ordre inverse à celui adopté généralement dans l'élévation de l'eau par les pompes.

Nous avons vu que pour déterminer l'effet mécanique d'une force quelconque, il fallait avoir égard non-seulement à sa dimension, mais aussi à la vitesse avec laquelle elle peut être mise en action, et qu'alors on évaluait sa puissance à la somme des rapports de la force et de la vitesse. Ainsi, si dans un moulin à blé, nous voulions que la meule tournât suivant une certaine vitesse, pour vaincre une résistance donnée, dans l'hypothèse où cet effet serait obtenu par un système de roues jouissant d'un mouvement donné; et si la vitesse de ce mouvement à son principe, est réduite à moitié, il faudra doubler le diamètre de l'une des roues qui engendrent la force, pour procurer à la meule la vitesse désirable; et par ce procédé nous aurions un préjudice matériel, qui ne pourrait être compensé qu'en procurant à la force primitive une intensité double.

Si nous faisons l'application de l'effet du

mouvement d'une roue poussée par en haut, nous trouverons que la vitesse de la roue, et conséquemment sa largeur et la dimension de ses godets, sont complètement indifférentes dans l'évaluation de son effet: car en supposant que le courant s'introduisît dans les godets avec une vitesse égale à celle de la roue, la quantité d'eau portée par celle-ci, à quelque instant que ce soit, et conséquemment sa pression, seront en raison inverse de la vitesse, et alors le produit de la force et celui de la vitesse seront les mêmes, de quelque manière qu'il varient séparément. Cependant, si la vitesse devenait trop considérable, il faudrait sacrifier une partie de la chute, pour que l'eau acquît cette vitesse avant d'arriver à la roue; or, une chute d'un pied, et même moins, suffit pour procurer dans tous les cas pratiques une vitesse convenable; et il est clair qu'il faut moins d'agent mécanique pour obtenir une certaine vitesse, au moyen d'une roue qui se meut rapidement, que pour celle qui marche lentement. En général, la vitesse de la surface d'une roue est entre deux et six pieds par seconde; et, qu'elle soit plus ou moins grande, la force mise en

usage sera toujours égale en effet au poids de la portion du courant employé, égale en longueur à la hauteur de la roue. Afin d'éviter la résistance qu'occasionerait l'eau stagnante sur la partie inférieure de la roue, il est bien de diriger le courant un peu en arrière de son milieu, de telle sorte que l'eau s'écoule dans la direction générale de son mouvement (fig. 23).

Si nous voulons qu'un courant acquière la plus grande vitesse de sa chute, et qu'il frappe horizontalement les lames d'une roue poussée par en bas, ou si nous désirons utiliser la force d'une rivière coulant suivant une direction à peu près horizontale, il faudra que la roue se meuve avec une vitesse moitié de celle du courant, pour en obtenir le plus grand effet. Car la masse de l'eau qui pousse les lames est à peu près la même, quelle que soit la vitesse, surtout si la roue est enfermée dans un étroit canal; d'où on peut conclure que le plus grand effet possible aura lieu, quand la vitesse relative du courant qui frappe les lames sera égale à la vitesse de la roue elle-même. La pression sur les palettes est égale à celle d'un courant

qui contiendrait la même quantité d'eau et frapperait un obstacle fixe avec moitié de la vitesse, c'est-à-dire, celle du courant qui s'échappe de la roue, lequel doit être deux fois aussi profond ou aussi large que le courant primitif, puisque son mouvement est moitié moins rapide; or, nous savons qu'une colonne d'eau d'un semblable courant, de deux fois la hauteur applicable à sa vitesse, ou bien de la moitié de la hauteur de la chute, est la mesure de la pression hydraulique; donc, cette force devra être précisément moitié aussi grande que celle d'une pareille colonne agissant sur une roue poussée par en haut, qui aurait un mouvement d'une vitesse égale. Mais le courant ainsi retardé ne conserverait pas l'autre moitié de sa puissance mécanique, puisque son plus grand effet serait proportionnel à celui d'un semblable courant qui ferait mouvoir une roue poussée par en haut avec un quart de la chute du premier; et le dernier quart de la puissance est employé à déterminer le changement de forme de l'eau, et à vaincre son frottement.

De quelque manière que nous appliquions

la force de l'eau, nous trouverons que sa puissance mécanique doit être mesurée par le produit de sa masse multiplié par la hauteur de sa chute: ainsi, un muid d'eau, par exemple, qui tomberait d'une hauteur de dix pieds, a la même puissance que dix muids tombant de la hauteur d'un pied; et un réservoir rempli à dix pieds au-dessus de son orifice d'écoulement, possède une puissance cent fois plus grande que le même rempli à la hauteur d'un pied seulement.

D'où il suit que si la chute d'eau est suffisamment grande, une roue mue par en haut est d'un usage préférable à celui d'une roue mue par en bas; mais si la chute est trop faible pour la première de ces roues, il convient d'employer une roue noyée jusqu'à l'axe, laquelle participe des propriétés de celle-là : ses palettes sont composées de deux parties qui forment entre elles un angle qui leur donne la forme d'un auget, afin que l'eau s'y trouve retenue comme dans un canal voûté qui suit la courbe de la roue, sans toutefois la porter trop en contact avec cette dernière , ce qui occasionerait un frottement inutile. Mais lorsqu'il n'est pas possi-

ble de faire usage de la roue plongeante, il faut se contenter de celle mue par en bas : on recommande pour celle-ci que ses lames soient placées perpendiculairement à la surface de l'eau, au moment où elles en sortent ; que la moitié de leur nombre (trois ou cinq) soit toujours submergée, suivant la grandeur de la roue, fig. 24 et 25.

Puisque l'eau qui s'échappe d'une roue mue par en bas, la prive d'un partie de sa vitesse, il est clair qu'il faut l'utiliser à faire mouvoir une seconde roue, si l'on veut conserver le plus de force possible ; mais dans ce cas, il faut bien se rendre compte de la dépense qu'entraîne ce double appareil.

Les mathématiciens et les praticiens en mécanique ont souvent commis de graves erreurs dans le calcul de la force du vent ou de l'eau sur les surfaces obliques : elles proviennent généralement de ce qu'on a confondu la pression et la puissance mécanique. On pourrait démontrer que la plus grande pression possible exercée par le vent ou par l'eau sur une surface oblique quelconque en repos, et qui tend à la faire tourner dans une direction perpendiculaire à celle du

vent, résulte d'un angle de 55° entre cette surface et celle du vent; tandis que le pouvoir mécanique d'une pression semblable, dont l'évaluaison réside dans son intensité et la vitesse de la surface combinées, peut être accrue indéfiniment si l'on augmente l'angle d'inclination et conséquemment la vitesse. Le plus grand effet qu'on puisse obtenir par ce moyen serait égal à celui qu'occasionerait le même vent ou un courant qui agirait sur les lames d'une roue mue par en bas: mais puisque dans tous les cas pratiques, la vitesse est limitée, l'effet obtenu serait un peu moindre: par exemple, si l'on suppose que la moindre vitesse des lames ou des ailes est égale à celle du vent, le pouvoir mécanique l'emportera des 4/5es sur celui de la roue mue par bas; et de plus des 4/5es en ce qui concerne le moulin. Maclaurin a prouvé que les ailes devaient former avec le vent un angle de 74° : mais, dans la pratique, on trouve plus avantageux de donner plus d'ouverture à l'angle, la vitesse des extrémités des voiles étant, suivant M. Smeaton, deux fois aussi considérable que celle du vent.

L'art du marin repose presque entièrement sur la connaissance bien entendue des forces et des résistances de l'air et de l'eau; et si les lois importantes de la pression hydraulique étaient convenablement développées, en ce qui a rapport aux surfaces courbes et obliques, nous serions à même de calculer, non-seulement quels seraient les mouvemens d'un vaisseau dans toutes les circonstances possibles, mais nous dirions d'une manière précise quels devraient être la meilleure forme des voiles, et l'arrangement le plus convenable de leurs agrès.

Lorsqu'un vaisseau fait voile immédiatement en face du vent, il faut peu ou point d'art pour dresser ses voiles, et sa vitesse est purement limitée à celle du vent et de la résistance de l'eau : mais pour faire voile par un vent de côté, il devient nécessaire de modifier la force du vent.

Si nous avions un vaisseau circulaire ou en forme de cuve, ne portant qu'un seul mât, et une voile parfaitement unie qui fît un certain angle avec le vent, la cuve se mouvrait d'abord à peu près à angle droit à l'égard du vent, puisque son impulsion agit

presque dans une direction perpendiculaire à la voile; mais la plus légère inégalité dans les dimensions de celle-ci, ou dans la force du vent, changerait tout-à-coup la position du vaisseau : et pour parer à cet inconvénient, il conviendrait d'avoir un corps mobile, plongeant dans l'eau, dans le but de créer une résistance, au moyen de laquelle on dirigeât le vaisseau de manière à conserver à la voile la position qui lui est propre : ce résultat s'obtient plus efficacement en donnant au vaisseau une forme ovale au lieu d'une ronde : il en résulte en outre cet avantage, que le vaisseau se meut plus facilement sur l'eau dans la direction de sa longueur et qu'il acquiert une résistance plus énergique dans une position transversale; si bien que lorsqu'il est sollicité par une force oblique, il marchera à peu près dans cette direction, mais toujours beaucoup plus suivant sa longueur que sa largeur. La déviation angulaire du *sillage* d'un vaisseau, s'appelle la *dérive*, et si nous connaissons la direction des voiles et les résistances proportionnelles qui s'opposent à la marche du vaisseau, dans toutes les directions, nous

serons à même d'évaluer, d'après ces résistances, la grandeur de l'angle de déviation ou de dérive : mais jusqu'ici ces calculs ont donné un angle de dérive trois ou quatre fois aussi grand que celui observé. L'usage de la quille d'un navire n'est pas seulement de le maintenir dans une direction convenable, mais elle sert encore à diminuer son balancement (ou *roulis*) qui neutralise une partie des effets des voiles; elle obvie encore à d'autres inconvéniens. Quand la force principale du vent s'exerce sur la partie antérieure du vaisseau, son avant tournerait naturellement vers le vent, si le gouvernail n'était pas projeté vers la poupe, dans une direction contraire, de manière à présenter à l'eau qui glisse sur la quille la surface d'un plan incliné, et maintient ainsi le vaisseau dans toutes les positions possibles propices à la manœuvre, en raison de la pression qu'elle reçoit. Cependant, quoique les voiles soient disposées de manière à ce que la force principale du vent paraisse agir sur l'avant du vaisseau, la courbure des voiles, ou quelque autre cause, porte la pression plus loin en arrière, et l'action du gouvernail devient alors

nécessaire pour empêcher que l'avant ne se tourne du côté du vent (fig. 26).

Lorsqu'un vaisseau fait voile par un vent de côté, l'effet du vent a une tendance à le renverser, et s'il porte mal la voile, c'est-à-dire, s'il manque de stabilité, il ne saurait marcher autrement qu'en face du vent. La position du centre de gravité, comparée à celle du métacentre, ou centre imaginaire de pression, détermine le degré de stabilité: et le moyen généralement pratiqué pour l'augmenter, est d'affaiblir les poids supérieur et les agrès, de diminuer sa hauteur, et d'accroître sa largeur, en ayant soin de charger le lest le plus profondément dans la cale. On apporte souvent trop peu d'attention à ces dispositions, aussi bien qu'à d'autres détails de l'architecture navale : et il est certain, cependant, que le marin qui voudrait méditer sur les investigations théoriques déjà découvertes en hydrodynamique et en statique générale, tirerait un grand avantage de leur application bien entendue.

SECTION II.

Des machines hydrauliques.

Sous cette dénomination on n'entend parler que des machines propres à agir contre la pesanteur de l'eau, et à l'élever de bas en haut. Les plus simples sont les *baquets* ou *seaux de cuirs*, les *roues à baquets* et les *cordes à frottement :* viennent ensuite les *tuyaux mobiles ;* les plus importantes sont les *pompes* de diverses espèces et enfin les *récipiens hydrauliques à cuir* et les *fontaines artificielles.*

On s'est long-temps servi en Espagne, sous le nom de *noria,* d'une série de cruches, attachées par des cordes, et tournées par des rouleaux ou des pignons sur lesquels elles passent. Une roue à baquets est l'inverse d'une roue à eau poussée par le haut; les baquets qui montent l'eau sont disposés dans la première à peu près d'une manière semblable à ceux qui servent à la descendre dans la seconde : quelquefois les baquets sont suspendus sur des broches, de manière à monter pleins; mais ces roues demandent de grandes réparations. Quelquefois aussi on emploie dans une position verticale ou

inclinée, cette roue à jets, qui est l'inverse d'une roue mue par en bas, ou plutôt par le milieu : ces roues sont tournées par des moulins et fréquemment employées pour le desséchement des marais; les lames n'y sont pas disposées comme il conviendrait pour une roue mue par bas, mais d'après le même principe, c'est-à-dire qu'elles sont perpendiculaires à la surface de l'eau quand elles en sortent, afin qu'elle s'en écoule facilement (fig. 27 et 28).

Venturi a appliqué d'une manière très-simple au desséchement des terres, le frottement latéral de l'eau, au moyen d'un courant qui les traverse, et acquiert une vitesse suffisante pour le faire couler sur une surface inclinée, en entraînant une certaine quantité d'eau de la partie inférieure de cette surface : mais la quantité d'eau enlevée par ce procédé est très-faible, tandis qu'il y a une grande perte de force.

On place quelquefois un système de tuyaux tournés en spirale dans le plan d'une roue qui reçoit l'eau à sa circonférence, et, l'élevant successivement à mesure que la roue tourne, vient se décharger vers l'axe :

ordinairement la roue est mue par le même courant qui alimente les tuyaux ; mais la hauteur à laquelle l'eau est élevée par cette machine est peu de chose comparativement à son volume. On la place dans une inclinaison de 45 à 60° avec l'horizon ; d'où l'on voit que son utilité est bornée aux seuls cas où l'eau n'a besoin d'être portée qu'à une hauteur médiocre (fig. 29).

Les Allemands ont donné le nom de *vis hydraulique* à un appareil à peu près semblable au précédent : il consiste en un cylindre muni de projections en forme de spirales, isolé d'un cylindre extérieur qui lui sert d'enveloppe et dans lequel il roule. On pourrait considérer cet instrument comme une pompe, et son effet est le même que celui de la vis d'Archimède. On conçoit qu'il y a perte, en raison du défaut de contact entre la vis et son enveloppe, et cette perte se monte à un tiers environ; l'appareil ne peut être placé à une plus grande élévation que 30° : il est aussi susceptible de s'engager par les immondices que l'eau entraîne avec elle : cependant cette machine élève une plus grande quantité d'eau que la *vis*

d'Archimède, quand leurs extrémités sont engagées à une grande profondeur : de sorte que son emploi serait préférable, si la hauteur de la surface de l'eau à élever offrait de grandes variations (fig. 29).

On donne le nom de *pompe spirale* à la machine représentée fig. 30 ; elle fut inventée, en 1746, par André Wirtz, potier d'étain, à Zurich : on s'en est servi avec beaucoup de succès à Florence et en Russie. Elle peut élever l'eau à une hauteur de quarante pieds.

La force centrifuge, laquelle est un obstacle au jeu de la machine de Wirtz, a quelquefois été combinée avec la pression atmosphérique, comme agent immédiat pour élever l'eau, au moyen d'une *pompe à rotation*. Cette machine se compose d'un tuyau vertical, tournant sur son axe et assemblé à un tuyau horizontal ouvert à ses deux extrémités ou à l'une d'elles seulement, le tout garni de soupapes convenables pour empêcher l'issue de l'eau lorsque la machine est en repos.

La *pompe* est une machine si bien connue et si généralement employée, qu'on a donné

son nom à une foule d'appareils hydrauliques : à parler exactement, ce nom ne convient qu'aux machines dans lesquelles l'eau s'élève par le mouvement d'un corps solide dans un autre, et ce mouvement est ordinairement alternatif, quelquefois continu, comme lorsqu'il s'agit de rotation. Dans toutes les pompes en usage, il existe une cavité qui est successivement ouverte ou fermée, l'eau y entrant par une soupape et se déchargeant par l'autre.

La pompe la plus simple dont on se sert pour élever une grande quantité d'eau à une petite hauteur, consiste en deux poteaux droits ou plongeurs, d'une épaisseur égale, enfoncés dans des cavités de même dimension, dans lesquelles ils se meuvent sans frottement, et réunis par une poutre horizontale ajustée sur un pivot. Tandis que l'eau s'introduit par une large *soupape*, au fond de la cavité, lorsque les plongeurs montent, elle est forcée, lorsqu'ils s'abaissent, de s'échapper par une *soupape* pratiquée sur le côté de la cavité, et s'élève dans un tuyau vide au niveau de la poutre. Cette pompe peut être manœuvrée par un ouvrier se pro-

menant sur la poutre ou sur une planche placée au-dessous. Au moyen de cet appareil, un homme actif, chargé d'un poids de trente livres, est susceptible d'élever, sans fatigue, cinq cent quatre-vingts livres d'eau par minute, à la hauteur de onze pieds et demi, pendant dix heures : c'est l'effet le plus considérable qu'on ait constaté jusqu'ici : il équivaut à un peu plus de onze livres élevées à dix pieds par seconde, au lieu de dix, qui est la valeur de la force ordinaire d'un homme, sans aucune déduction pour le frottement.

Il est clair que si les plongeurs étaient adaptés à la cavité, de manière à ne pas permettre à l'eau la moindre issue, le tuyau montant porterait l'eau à quelque hauteur que ce fût, et la machine serait alors ce qu'on appelle une *pompe foulante ;* ce qui permettrait de raccourcir les plongeurs à volonté, de manière à leur donner la forme d'un piston glissant dans un *tuyau*. Il faudrait aussi que le piston fût placé au-dessus du niveau du réservoir, et dans ce cas l'eau serait forcée d'y monter, par suite de la pression atmosphérique, à la hauteur d'environ

trente pieds, mais pas beaucoup plus haut: et encore cette hauteur serait-elle trop considérable pour la pratique, parce que l'eau, dans son mouvement ascendant, pourrait quelquefois suivre trop lentement le piston. Une pompe de cette espèce, qui participe à la fois des pompes foulante et aspirante, s'appelle une *pompe mixte*. Dans la pompe de de Lahire, ce même piston sert à deux fins, la tige jouant dans un collier de peau, et l'eau étant aspirée et refoulée de la même manière, en dessus et en bas du piston, au moyen d'un double appareil de soupapes et de tuyaux.

Le piston ordinaire, garni d'un cuir souple, est préférable dans les pompes foulantes à tous ceux d'une forme plus compliquée : la pression de l'eau dans l'intérieur du cuir le rend suffisamment roide, pour que le frottement soit presque nul. Certaines pompes ne sont point garnies de cuir pour plus de simplicité : la perte d'eau qui en résulte est bien compensée par la plus grande durée de la pompe: et d'ailleurs, la perte est d'autant moindre, que le piston marche avec plus de rapidité.

Les propriétés si bien connues de la pression hydrostatique ont fourni à M. Bramah l'idée d'une presse très-convenable et très-puissante, à laquelle il a adapté une pompe foulante. Une petite pompe verse dans un tuyau une certaine quantité d'eau qui réagit sur un piston plus large, lequel à son tour est pressé par une force d'autant plus grande, que sa surface est plus considérable que celle du premier.

Dans la *pompe aspirante* ordinaire, l'eau s'échappe par une *soupape* placée dans l'intérieur du piston lui-même, de sorte que le même tuyau sert pour l'ascension de l'eau, qui s'élève en ligne continue tant que le piston est ouvert, et s'appuie sur la soupape fermée, quand le piston est comprimé. L'eau doit monter suivant une vitesse de quatre pouces par seconde, au moins, à chaque coup de piston, et jamais plus de deux à trois pieds; le coup doit être le plus long possible, afin d'éviter la perte inutile de l'eau pendant que les soupapes s'abaissent. Le diamètre du tuyau par lequel l'eau s'élève jusqu'au corps de pompe, ne doit pas

avoir moins des $^2/_3$ du diamètre du corps de pompe lui-même (fig. 32).

Lorsque l'eau doit monter à une hauteur considérable, on rencontre des inconvéniens dans la longueur à donner au tuyau à travers lequel doit descendre la tige du piston d'une pompe foulante, et pour que le piston reste dans les limites de la pression atmosphérique. On peut y obvier en plaçant la soupape mobile au-dessus de la soupape fixe, et en introduisant le piston au fond du tuyau. Cet appareil prend le nom de *pompe levante ;* mais elle offre, comme toutes les pompes foulantes, le désagrément de pousser le piston avant la tige, et conséquemment de faire courber celle-ci de manière à produire sur le piston un frottement inégal; tandis qu'au contraire dans les pompes aspirantes, la force principale tend à redresser la tige (fig. 33).

On peut aussi faire marcher la tige d'une pompe aspirante dans un collet de cuir, et faire passer l'eau par une soupape dans un tuyau ascendant : il suffit d'y adapter, ou à telle autre pompe foulante, un récipient à air, et on contribue ainsi à donner plus d'unifor-

mité à son mouvement, et à accélérer sa destination : car, l'orifice du récipient à air étant suffisamment large, l'eau s'y introduit avec force, à chaque coup de piston, avec une vitesse arbitraire, sans que le frottement soit une cause de résistance, tandis que dans un long tuyau il y a perte de force considérable, à cause de la fréquence des retards ou des vitesses qu'éprouve la masse de l'eau. L'air condensé, réagissant sur l'eau, la pousse plus graduellement et dans un courant continuel; de sorte que le récipient à air joue dans cette circonstance le même rôle que la roue volante en mécanique (fig. 33).

Il importe que les tuyaux qui servent à élever l'eau par les pompes ou tous autres appareils, soient aussi courts et aussi droits que possible : ainsi, l'eau devant être portée à une hauteur de vingt pieds, et transportée à cent pieds de là, dans une direction horizontale, à l'aide d'une pompe foulante, il serait plus avantageux d'élever le liquide, dans une citerne, vingt pieds au-dessus du réservoir, et de la laisser alors couler horizontalement, ou encore de chercher son niveau dans un tube recourbé, que d'ajuster

immédiatement à la pompe un tuyau qui la rendrait tout de suite à destination. Et par la même raison il faut, autant que possible, placer une pompe aspirante au-dessus d'un puits, afin d'éviter dans sa manutention une grande perte de force. Si l'on employait de très-petits conduits, la résistance serait fort accrue, à cause du frottement qu'ils occasionent.

Quelquefois il arrive que des pompes sont mises en œuvre par le poids de l'eau agissant dans un *tuyau* qui ressemble à une seconde pompe placée dans une position inverse. Le seul reproche à faire à cet appareil, c'est qu'il occasione trop de frottement ; mais on peut parer à cet inconvénient. Cette invention, qui n'est pas nouvelle, est mieux connue en Allemagne, où elle porte le nom de *machine de Holl.* Une double pompe remplit le même but.

On a mis à profit les variations spontanées de la pression atmosphérique, occasionées par les modifications dans son poids et la température, pour élever l'eau successivement à une hauteur moyenne, à l'aide d'une suite de réservoirs garnis de soupapes con-

venables. Mais il arrive rarement que ces variations fassent monter l'eau de chaque réservoir à plus d'un pied ou deux en un jour; et conséquemment la masse élevée est peu importante.

On a également employé la force d'un courant passant par un long tuyau, pour élever une petite quantité d'eau à une hauteur considérable. Le passage du tuyau est intercepté par une soupape qui se lève aussitôt que le courant a acquis une rapidité convenable; et l'on conçoit alors que la colonne du fluide se concentre et agit instantanément sur la soupape : il perd, dans ce cas, comme nous l'avons dit précédemment, la propriété de la pression hydraulique, et n'agit plus que comme un solide proprement dit: de manière que si l'on suppose le tuyau parfaitement solide, l'impulsion n'aura à vaincre aucune pression, quelque grande qu'elle puisse être; et si la soupape débouche dans un récipient rempli d'air, l'eau s'y introduira avec force, et condensera l'air, plus ou moins rapidement, au degré nécessaire pour élever une partie de l'eau qu'il contient à une certaine hauteur. Il paraît

que M. Whitehurst est le premier qui ait mis en œuvre ce procédé, expérimenté plus tard par M. Boulton ; mais ce fut récemment en France, qu'il a le plus fixé l'attention des savans, sous le nom de *bélier hydraulique* de Montgolfier (fig. 34).

SECTION III.

Des Machines à air.

Les machines à air sont celles dont la construction est fondée sur les propriétés des fluides élastiques. Elles peuvent être faites de manière à augmenter ou diminuer leur densité et leur pression, comme pour les machines pneumatiques proprement dites et les condensateurs, ou bien pour diriger et appliquer leur force, comme dans les soufflets, les ventilateurs, les machines à vapeur et les canons.

La *machine pneumatique* a pour but de diminuer la densité ou la pression de l'air, ou même de le chasser presque totalement d'un espace donné : une colonne de mercure satisfait à ce résultat. Les anciens se servaient de leur bouche pour épuiser un récipient. Le vide de Toricelli, qu'on obtient en ren-

versant une cuvette remplie de mercure, et garnie d'un tube de trente pouces de long, est le plus parfait qu'on puisse obtenir : encore bien qu'il s'y mêle une portion d'air, provenant du vase ou du mercure lui-même, et qu'on n'expulse complètement que par l'agitation, ou mieux en faisant bouillir le mercure avant de l'introduire dans le tube.

La confection d'une machine pneumatique se rapproche singulièrement de celle d'une pompe aspirante, à l'aide de laquelle on fait monter l'eau ; la différence n'existe que dans certaines parties du mécanisme. Toutes deux ont pour objet de raréfier ou d'expulser l'air, le plus complètement, le plus promptement et avec le plus de facilité possible. Cette machine est trop généralement connue pour que nous en donnions une description détaillée, qui appartient d'ailleurs à la Physique (1). On sait que son invention est due à Otto de Guericke. On emploie divers moyens pour démontrer l'absence de l'air sous le récipient de cette machine, tels que celui d'une pièce d'or et d'une plume, dont la chute s'o-

(1) Voir ce Traité.

père dans des temps égaux; l'ébullition de l'éther ou de l'eau chauffée légèrement, etc.

La perfection du vide opéré par la machine pneumatique, ou la rareté de l'air sous le récipient, s'évalue à l'aide d'éprouvettes de diverses espèces.

Un *condensateur* est l'inverse d'une machine pneumatique, quoique parfois cet appareil remplisse les deux objets; mais le condensateur réclame plus de force et moins d'élégance dans ses formes. L'instrument usité pour reconnaître le degré de condensation, consiste en un tube cylindrique, qui contient une petite portion d'air comprimée par une goutte de mercure qui pèse dessus.

Primitivement, les *cloches à plongeur* s'alimentaient d'air au moyen d'un baril qui descendait constamment de la surface de l'eau dans l'intérieur de la cloche; mais aujourd'hui on se sert d'une pompe qui ressemble à un condensateur par sa forme, et qui procure un courant perpétuel : l'air échauffé s'échappe par un robinet placé à la partie supérieure de la cloche. Si l'on prend soin d'enfoncer graduellement l'appareil, le plongeur peut supporter une pression atmo-

sphérique équivalente à deux ou trois fois celle de sa densité naturelle. Il serait à désirer que tout plongeur fût muni d'un morceau de liége ou d'une balle creuse métallique à l'aide de laquelle il s'élèverait lentement à la surface de l'eau, en cas qu'il arrivât quelque accident à la cloche : faute de cette précaution, plusieurs ont péri.

Les *soufflets* sont communément formés avec deux planches réunies par un cuir, et disposées de manière que leurs cavités se déploient et se resserrent pour admettre l'air qui s'en échappe par une ouverture. Quelquefois aussi leur confection a de la ressemblance avec la pompe foulante ; et alors, si la cavité est simple, on en ajoute une seconde chargée d'un poids, afin d'égaliser le souffle : elle peut être remplacée par un vase renversé dans l'eau, chargé ou fixé. La première cavité peut également être formée d'un vase renversé, suspendu à une poutre, de manière à mouvoir haut et bas dans l'eau : cet appareil, usité dans les grandes fonderies, y est connu sous le nom de *soufflet hydraulique*. On peut diminuer la quantité de l'eau, et donner plus de célérité au jeu de

la machine, en plaçant au centre du vase renversé un solide fixe, ou même un vase renversé intérieur, susceptible de remplir d'eau la cavité du vase mobile lorsqu'il s'abaisse, de manière que l'eau n'occupe qu'une partie de l'interstice existant entre les vases.

Le *gazomètre* diffère peu du soufflet hydraulique, si ce n'est qu'il est garni de robinets au lieu de soupapes, et que le cylindre mobile est soutenu par un contre-poids.

On peut déterminer la vitesse d'une bouffée d'air engendrée par une pression quelconque, en calculant la hauteur d'une colonne équivalente à la pression. Ainsi, les soufflets hydrauliques étant soumis à une pression constante de 4 pieds d'eau, la vitesse correspondrait à une hauteur d'environ 3300 pieds, et l'air sera censé parcourir un espace de 460 pieds par seconde. Mais, dans ce calcul, on n'a tenu aucun compte des causes qui diminuent la décharge des fluides, de sorte que la vitesse n'est réellement que des 5/8es aussi grande que celle de la hauteur : c'est-à-dire, pour le cas précité, de 285 pieds par seconde, lorsque l'air s'échappe par un petit orifice : mais s'il traverse un tuyau, elle

est de 345 pieds ou des $^3/_4$ environ. Si le tuyau était très-long, il y aurait aussi diminution de vitesse en raison du frottement. On fait aujourd'hui manœuvrer des soufflets à l'aide d'une pression équivalente à 9 pieds d'eau, et dans ce cas, la vitesse est d'environ 500 pieds par seconde.

Les soufflets sont employés à la ventilation des mines, soit pour y introduire, soit pour en chasser l'air.

L'effet de la chaleur nous offre également un mode de ventilation très-efficace par l'expansion que cause son action sur l'air, qui est forcé de s'élever. Quand la galerie d'une mine communique avec l'air extérieur à deux hauteurs différentes, il s'établit généralement une ventilation suffisante en raison de la différence des températures entre l'air de la galerie et celui de l'atmosphère environnante ; car la température souterraine étant à peu près invariable, l'air contenu dans la mine est plus chaud en hiver, plus froid en été que l'air extérieur ; de sorte qu'il s'établit un courant de haut en bas en hiver, et de bas en haut en été : dans les saisons plus tempérées, les changemens s'opèrent par les

variations de température des jours et des nuits.

Le but des *cheminées* est tout à la fois d'établir pour l'appartement un appareil de ventilation et de procurer un renouvellement d'air capable d'entretenir la combustion. Il faut donc s'arranger de façon qu'il entre dans la cheminée aussi peu d'air que possible, sans passer dans le feu; c'est aussi le meilleur moyen d'éviter la fumée.

La puissance mécanique n'est nulle part plus en évidence que dans la *machine à vapeur.* Elle a éprouvé beaucoup de modifications dans sa confection, et les perfectionnemens qu'y a apportés M. Watt l'ont rendue aussi parfaite que possible. La pression de la vapeur fut d'abord appliquée, par le marquis de Worcester et Savery, à agir immédiatement sur la surface de l'eau contenue dans un vase clos, qu'ils firent monter dans un tuyau par suite de l'élasticité de la vapeur. Mais il fallait un degré de chaleur très-considérable pour élever l'eau à une grande hauteur par ce procédé, puisque, pour que la vapeur, à l'instar de l'air atmosphérique, pût supporter une colonne d'eau de trente-

deux pieds, il fallait que sa température fût à 120° centigrades; et pour une colonne de soixante-quatre pieds, à 135 degrés. Or, une semblable pression exercée sur les parois des vaisseaux, demandait qu'ils fussent extrêmement solides; et la hauteur à laquelle l'eau se soutenait après condensation, était de trente-et-un à trente-deux pieds. Un plus grand inconvénient existait encore, c'était l'énorme quantité de vapeur nécessairement épuisée avant que l'eau pût monter pour porter à sa température les surfaces du récipient et de l'eau froide: un dixième ou un vingtième de la vapeur fournie restait sans effet; peut-être même la perte était-elle plus considérable en raison de la difficulté avec laquelle la chaleur pénètre les fluides. Ces inconvéniens disparurent à peu près par la confection de la machine de Newcomen, dans laquelle la vapeur s'introduisait graduellement dans un cylindre, et était condensée aussitôt à l'aide d'un jet d'eau. Cette machine, perfectionnée au moyen de l'appareil de Beighton, pour tourner les robinets, était d'un usage général jusque dans ces derniers temps; on s'en sert même encore aujour-

d'hui. On a soin de garnir la chaudière d'une soupape de sûreté, qui se lève lorsque la force de la vapeur devient un peu plus grande que celle de la pression de l'atmosphère; elle est fournie d'eau au moyen d'une autre soupape qui s'ouvre lorsque la surface de l'eau du dedans devient trop basse, et déprime un bloc de pierre, en partie soutenu par l'eau (fig. 1, pl. 11).

Le cylindre de la machine de Beighton est nécessairement très-refroidi par l'intervention du jet d'eau et son exposition à l'air. M. Watt a obvié à cet inconvénient en opérant la condensation dans un vase séparé, qui reçoit l'écoulement non interrompu d'un petit jet; l'air extérieur ne pénètre en aucune façon, la vapeur étant alternativement introduite en dessus et en dessous du piston: la tige du piston joue dans un collet de cuir, de telle façon que la machine jouit d'une double action, à peu près comme dans la double pompe de Lahire; dès lors le coup de piston étant partout le même, le même cylindre procure un effet double de celui des machines ordinaires. On pourrait, au besoin, n'avoir recours qu'à une température

au-dessous de celle de l'eau bouillante, et n'employer qu'une très-petite quantité de vapeur ; mais il deviendrait impossible d'empêcher l'introduction de l'air extérieur.

Les détails de la construction de M. Watt exigent quelques arrangemens additionnels ; ainsi, il est nécessaire d'avoir une pompe pour enlever du condensateur, non-seulement l'eau qui s'y forme, mais aussi l'air que dégage l'eau à l'état d'ébullition. Si l'eau provient de puits profonds ou de mines, elle contiendra plus d'air que l'eau ordinaire, et il convient, avant de s'en servir, de l'exposer dans des vases ouverts ; car il paraît que la quantité d'air contenue dans l'eau est à peu près proportionnelle à la pression à laquelle elle est soumise. L'admission de la vapeur dans le cylindre est régularisée par un double pendule à révolution.

On dit que les machines à vapeur de l'invention de MM. Boulton et Watt épargnent les trois quarts du combustible employé autrefois, et il paraît qu'il n'y a qu'une perte d'un quart sur la totalité de la force. Une machine de ce genre, armée d'un cylindre de trente pouces, équivaut à la force de

cent vingt chevaux, travaillant chacun huit heures par jour.

Il est probable que la *poudre à canon* ne doit ses effets surprenans qu'à la force de la vapeur. Il paraît, suivant les calculs de Bernouilli, que l'élasticité initiale du fluide qui chasse un boulet de canon, équivaut à une pression de dix mille atmosphères : le comte de Rumford affirme qu'elle n'est que trois fois plus considérable que la pression atmosphérique. On ne saurait attribuer un semblable effet à la vapeur développée par la petite quantité de l'humidité ou de l'eau de cristallisation que contient la poudre. On a trouvé que la force de la poudre à canon était presque proportionnelle à la quantité employée : et par conséquent, si nous faisons abstraction de la résistance de l'air, le carré de la vitesse de la balle, la hauteur à laquelle elle s'élève, et sa plus grande portée horizontale, seront en raison directe de la quantité de poudre, et en raison inverse du poids de la balle. Cependant le comte de Rumford affirme que la même quantité de poudre produit plus d'effet sur un gros que sur un petit boulet.

Les propriétés essentielles des pièces d'artillerie étant de concentrer le plus possible les fluides élastiques, et d'imprimer au boulet un mouvement en ligne droite, il est très-important d'apporter beaucoup de soin dans la confection du calibre. L'avantage que l'on trouve au canon rayé est de contenir plus exactement le boulet : on suppose aussi qu'il engendre un mouvement de rotation sur son axe, qui le rend moins susceptible de dévier dans sa course. La charge ordinaire est d'un cinquième ou d'un sixième du poids de la balle : elle est d'un tiers pour les feux de file. Lorsqu'un boulet de vingt-quatre est lancé par une quantité de poudre des deux tiers de son poids, il parcourt quatre milles (une lieue un tiers), déduction faite d'un cinquième, à cause de la résistauce de l'air.

L'antiquité nous a offert dans le *fusil à vent*, instrument de peu d'utilité d'ailleurs, un procédé pour chasser une balle à l'aide de l'air condensé. Il est évident qu'aucune puissance humaine ne saurait parvenir à accroître la densité de l'air, au point de rendre son élasticité comparable à celle de la

poudre ; et quand bien même l'air serait ramené à la même condition, son effet serait de beaucoup encore au-dessous de celui de la poudre, puisqu'il est vrai que sa plus grande expansion ne pourrait engendrer qu'une vitesse de mille trois cents pieds par seconde, et que conséquemment elle ne saurait imprimer une pareille vitesse au boulet, tandis que la poudre à canon le chasse suivant une vitesse de deux mille pieds par seconde. Si l'on considère, cependant, que la majeure partie d'une semblable vitesse est sans emploi, et que la puissance mécanique obtenue par la poudre est infiniment plus dispendieuse que celle d'aucune autre source de mouvement, on conviendra que, dans certains cas, l'air condensé pourrait remplacer ce formidable agent.



APPENDICE

AU RÉSUMÉ

DE MÉCANIQUE ET D'HYDRAULIQUE.

ARTICLE PREMIER (1).

De la forme des veines fluides et de l'écoulement des liquides par des ajutages.

On doit à Archimède la première théorie des corps flottans. Le traité *De incidentibus humido* contient les deux propositions suivantes qui servaient de base à cette théorie.

Les parties d'un liquide les moins pressées sont chassées par celles qui le sont davantage, et chaque partie est toujours pressée par le poids de la colonne qui lui répond verticalement.

Tout ce qui est poussé par un fluide, l'est toujours suivant la verticale qui passe par son centre de gravité.

(1) Cet article est extrait du *Traité élémentaire des machines*, par M. HACHETTE, in-4°, 1828, chez Corby.

On admettait ces deux principes comme démontrés par l'expérience, dans l'ouvrage que nous venons de citer et qui date de deux siècles avant J.-C. Dix-huit siècles se sont écoulés, et on y a ajouté un troisième principe, qui consiste dans l'égalité de pression en tous sens. En supposant qu'une pression quelconque soit appliquée en un point de la surface d'un liquide, elle se transmet également à tous les autres points du liquide.

L'hydrostatique, dans son état actuel, repose sur ces trois principes.

Vers 1643, Toricelli, élève de Galilée, jeta les fondemens d'une nouvelle science, l'hydrodynamique. Il observa d'abord le mouvement d'un fluide qui sort d'un vase par un très-petit orifice circulaire horizontal. Ayant remarqué que le jet étant vertical, et le niveau de l'eau dans le vase constant, l'extrémité supérieure de ce jet atteignait presque le niveau, il avait conclu que, sans les frottemens et la résistance de l'air, la vitesse de l'eau à l'orifice serait égale à celle qu'elle acquerrait en tombant de la hauteur verticale comprise entre le plan horizontal

de l'orifice et le niveau de l'eau dans le vase.

Environ un siècle après, Daniel Bernouilli a enrichi l'hydrodynamique de plusieurs faits qu'il avait observés lui-même, ou qui étaient connus par des ouvrages anciens, relatifs à l'art de conduire les eaux, tels que celui de Frontin, intendant des aquéducs de Rome, dans le premier siècle de notre ère. Ces faits sont rapportés dans son Hydrodynamique, publiée en 1738. Les principaux se rapportent à la section contractée de la veine qui sort par un orifice circulaire et à l'écoulement des liquides par des ajutages cylindriques et coniques. On savait qu'à hauteurs égales de niveau au-dessus d'un orifice circulaire en mince paroi, l'addition d'un ajutage à ce même orifice augmentait la dépense. Daniel Bernouilli avait démontré, par expérience, que dans le cas d'un ajutage conique, les parois de l'ajutage étaient pressées du dehors en dedans, tandis que celles du vase l'étaient en sens contraire. M. Venturi a rappelé l'attention des physiciens sur les phénomènes de l'ajutage conique, dans un écrit publié en 1797, sous le titre de Recherches expérimentales sur le

principe de la communication latérale du mouvement dans les fluides.

Préparant les leçons de mon cours des machines, à l'École polytechnique (années 1814 et 1815), j'avais répété les expériences de Daniel Bernouilli, avec l'intention d'en donner l'explication sans qu'il fût nécessaire d'admettre le principe de la communication latérale. Le travail dont je vais rendre compte, et qui a été l'objet de deux mémoires présentés à l'Académie, embrassait toute la partie expérimentale de l'hydrodynamique.

Le jet d'eau observé par Toricelli était vertical, et sa hauteur différait toujours un peu de celle du niveau du liquide dans le vase. En faisant un jet horizontal, qui sort par un orifice circulaire vertical en mince paroi, la veine fluide, à partir de sa section contractée, est un solide parabolique, qui comprend les lignes décrites par tous les points de cette section.

Si la route que suit une molécule liquide à partir de la section contractée d'une veine fluide qui sort par un orifice circulaire en mince paroi verticale, est une ligne bien définie, et une parabole égale pour toutes

les molécules de la même section, le chemin qu'elle a suivi depuis la surface du liquide jusqu'à cette section contractée est tout-à-fait inconnu, et c'est pourquoi la portion de la veine fluide comprise entre l'orifice et la section contractée, affecte des formes dont la connaissance a jusqu'ici échappé aux recherches des plus grands géomètres.

Une description exacte de cette veine fluide supplée, autant que possible, au défaut de théorie.

En examinant les formes de ces surfaces, on y reconnaît, dans chacune d'elles, une section plane ou à double courbure, de même genre que la section contractée circulaire. On voit que les divers filets d'eau se croisent sur le contour de ces lignes de contraction, à peu près comme les droites d'une surface développable sur l'arête de rebroussement de cette surface. Le mouvement des molécules d'eau se modifie de telle manière, que la même veine fluide, l'elliptique, par exemple, présente plusieurs lignes de contraction, placées à des distances fixes les unes des autres. La section contractée d'une veine fluide est en général celle dont cha-

que point est animé de la vitesse due à la hauteur du niveau du liquide au-dessus de ce point, ou d'une vitesse plus grande que celle de tout autre point de la masse fluide en mouvement.

Chaque veine ressemble à un cristal parfaitement transparent, sur une assez grande longueur, à partir de l'orifice ; la première ligne de contraction est très-distincte ; les lignes de même espèce, qui la suivent, se brouillent à mesure qu'elles s'en écartent. Le plan de la section contractée circulaire étant, à une distance du plan de l'orifice, un peu moindre que le rayon de cet orifice, celle qui correspond à l'orifice elliptique, pour la même hauteur du niveau, s'en écarte davantage; ce qui rend le phénomène de la contraction plus apparent.

Lorsqu'on adapte à un orifice circulaire un ajutage cylindrique d'une longueur telle que le liquide sorte en plein tuyau, la veine fluide qui sort par l'extrémité de cet ajutage, a aussi sa section contractée, mais elle est brouillée à sa naissance, c'est-à-dire qu'elle n'a plus cette transparence cristalline d'une veine qui sort par un orifice en mince paroi.

Ayant comparé les quantités d'eau écoulées par des orifices en mince paroi plane, de même surface et de différens contours, j'ai remarqué : 1° que, lorsque ces orifices avaient un centre de figure, la veine fluide avait un axe de figure, et que cet axe était une parabole due à la hauteur du niveau au-dessus du centre de l'orifice ; 2° que cette hauteur étant constante, ainsi que l'aire de l'orifice, les dépenses, en un temps donné, étaient aussi constantes pour les orifices de divers périmètres courbes ou polygones, pourvu néanmoins qu'il n'y ait pas d'angle rentrant dans ces périmètres ; auquel cas les dépenses augmentent ou diminuent selon la figure de l'orifice à angle rentrant.

A l'inspection de la surface de la veine fluide, qui sort par un orifice circulaire, on voit que les mêmes molécules liquides passent dans le même temps par l'orifice et par la section contractée, dont l'aire est moindre que celle de l'orifice ; d'où il suit que le mouvement de ces molécules s'accélère, et que cette accélération a lieu en dehors du vase. J'ai produit un effet inverse en présentant au choc de la veine fluide, à

des petites distances de l'orifice, des corps résistans. Le retour de ce choc dans l'intérieur du vase altérait le mouvement du liquide ; et la quantité d'eau écoulée, comparée à la dépense ordinaire, diminuait sensiblement.

Le peu d'accord des physiciens sur le rapport de l'orifice circulaire à mince paroi à la section contractée de la veine qui sort par cet orifice, m'a déterminé à examiner de nouveau cette question ; et au lieu de supposer, comme on l'avait toujours fait, que ce rapport était constant, j'ai recherché les causes qui pouvaient le faire varier, et voici les résultats auxquels je suis parvenu.

Lorsqu'un liquide contenu dans un vase s'écoule par un orifice en mince paroi, chaque molécule de ce liquide a acquis, au moment où elle atteint l'orifice, une vitesse dont la grandeur et la direction sont déterminées, et les lignes décrites en vertu de ces vitesses forment la veine fluide ; or ces lignes sont modifiées par la surface de l'orifice ; d'où il suit que la nature de cette surface, toutes choses égales d'ailleurs, apporte un changement considérable dans les formes de la

veine fluide. En effet, dans plusieurs expériences, la grandeur de la section contractée de cette veine a varié de 61 à 51, celle de l'orifice étant de 100; ainsi, elle était 61 pour un orifice circulaire en mince paroi, et 51 pour le même orifice sur un cylindre ou sur un cône dont les parois n'étaient pas mouillées pendant l'écoulement.

Deux autres causes diminuent encore sensiblement la contraction de la veine ; l'une est l'abaissement du niveau du liquide dans le vase, et l'autre, la réduction des dimensions de l'orifice.

Ces trois causes réunies influent sur la forme de la veine fluide, et par conséquent sur celle de la section de cette surface, qu'on nomme *section contractée.* On ne doit donc pas s'étonner que plusieurs physiciens aient trouvé des nombres différens pour le rapport des aires de l'orifice circulaire et de la section contractée; ils ont probablement bien observé, mais dans des circonstances qui n'étaient pas les mêmes, et la différence des résultats a pu provenir des causes physiques que nous venons d'indiquer.

L'écoulement des liquides par des aju-

tages présentait encore plus d'incertitude que l'écoulement par des orifices en mince paroi ; et même on a souvent confondu des phénomènes d'ajutages avec ceux des orifices en mince paroi. L'augmentation de dépenses par un ajutage court, la diminution par un ajutage assez long pour être nommé tuyau, la suppression de toute augmentation ou diminution par un ajutage très-court, une grande augmentation de dépense par un ajutage conique, semblaient autant d'énigmes dont l'explication dépendait d'autres principes que ceux qui étaient admis par tous les physiciens. J'ai fait voir que ces principes suffisaient pour ramener ces phénomènes dans le domaine ordinaire de la physique et de l'analyse.

Expliquons d'abord les phénomènes que présente un ajutage cylindrique. Supposons que sa longueur soit égale à trois, à quatre fois son diamètre, et qu'on l'ait fixé horizontalement aux parois d'un vase, de manière qu'une partie de la longneur soit en dedans de ce vase, et l'autre partie en dehors ; quelle que soit l'épaisseur de cet ajutage, on conçoit qu'après l'avoir aminci

extérieurement sur les bords, l'orifice intérieur sera en mince paroi.

L'ajutage étant ainsi disposé, l'écoulement peut se faire de deux manières, ou en mouillant ou ne mouillant pas les parois de cet ajutage. Si les parois ne sont pas mouillées, le jet est transparent ; son amplitude ne diffère pas sensiblement de celle du jet qui aurait lieu par un orifice en mince paroi plane, et néanmoins la dépense est moindre que celle qui se ferait par ce dernier orifice dans le même temps et pour la même hauteur du niveau du liquide dans le vase, parce que la veine fluide est plus contractée.

Si la surface intérieure de l'ajutage est mouillée, le jet perd sa transparence; son amplitude diminue très-sensiblement; par conséquent la vitesse moyenne des molécules liquides dans le plan de l'orifice extérieur, est moindre que la vitesse des molécules dans le plan de la section contractée d'une autre veine fluide, qui sort par un orifice en mince paroi plane, en supposant toujours la hauteur du niveau la même pour les deux orifices en mince paroi plane et

cylindrique; néanmoins la dépense, en un temps donné, par l'orifice de l'ajutage, est plus grande que par l'orifice de même grandeur en mince paroi plane. Cette augmentation de dépense provient de ce que la veine fluide est moins contractée; quoique cette contraction, qui se fait à une petite distance de l'orifice extérieur, soit encore très-apparente, on gagne plus par la diminution de contraction, qu'on ne perd par la diminution de la vitesse dans le plan de l'orifice extérieur de l'ajutage. A partir de la section contractée, les molécules liquides ne décrivent plus des paraboles. La veine fluide, en sortant de l'ajutage, n'est plus transparente; le mélange de l'air et de l'eau la rend nébuleuse. J'indiquerai l'une des causes de ce mélange, en traitant de l'air, considéré comme moteur.

Une nouvelle question a été le sujet de nos recherches. Comment l'ajutage horizontal cylindrique diminue-t-il la vitesse que prendraient les molécules liquides, si elles tombaient de la hauteur du niveau du liquide dans le vase au-dessus de l'ajutage? Nous avons fait voir que cette diminution

de vitesse provenait de l'adhérence d'une colonne liquide en mouvement contre les parois fixes et mouillées de l'ajutage, et de la résistance que les molécules liquides adhérentes aux parois opposent au mouvement des molécules dont le contact avec ces parois est continuellement renouvelé. Connaissant la véritable cause de l'effet, pour qu'un liquide ne s'écoule pas à plein tuyau par un ajutage cylindrique, il suffit d'enduire la paroi intérieure de cet ajutage d'une couche très-mince d'une substance que le liquide ne mouille pas; alors la veine fluide qui se forme à l'orifice intérieur ne remplit pas l'ajutage; et l'écoulement se fait comme si l'ajutage se réduisait à cet orifice.

On obtient encore le même effet par l'interposition d'une couche d'air pendant que l'écoulement se fait à plein tuyau par un ajutage cylindrique; on introduit de l'air atmosphérique par une ouverture latérale voisine du plan de l'orifice intérieur de l'ajutage; à l'instant la veine fluide se détache des parois, et l'écoulement se fait comme par un orifice à mince paroi cylindrique,

sans ajutage; fermant l'ouverture latérale, ce mode d'écoulement subsiste.

Le mercure pur coulera à plein tuyau dans un ajutage cylindrique de fer étamé; et si on ôte l'étamage, l'écoulement se fera par l'orifice extérieur, comme si l'ajutage n'existait pas.

Puisque l'adhérence du liquide pour lui-même change les vitesses des molécules, dans le plan de l'orifice intérieur d'un ajutage cylindrique, tant en grandeurs qu'en directions, cet effet de l'adhérence doit varier avec la hauteur du niveau; et, en effet, la longueur d'un ajutage étant donnée, il y a une hauteur de niveau pour laquelle l'adhérence est nulle; le liquide animé de la vitesse due à cette hauteur se sépare des parois intérieures de l'ajutage. Lorsqu'un ajutage est très-court, la hauteur du niveau à laquelle cette séparation a lieu est très-petite, et c'est par cette raison que l'on assimilait un petit ajutage d'un certain diamètre à un orifice en mince paroi de même diamètre. Les lois de la physique sont rarement sujettes à de telles exceptions.

Tout ce qu'on vient de dire sur l'ajutage

cylindrique s'applique également à l'ajutage conique; et en comparant leurs effets, on observe que, pour le même orifice intérieur de niveau, le second augmente la dépense beaucoup plus que le premier; la veine fluide qui sort par l'ajutage conique a beaucoup moins d'amplitude que celle qui sort par l'ajutage cylindrique; néanmoins, ce qu'on perd par la diminution de vitesse moyenne dans ces derniers ajutages, est plus que compensé par la grandeur de l'orifice extérieur des mêmes ajutages. En effet, la dépense par un orifice en mince paroi étant de 100, on a obtenu, au moyen des ajutages cylindriques et coniques adaptés au même orifice, et pour le même niveau, des dépenses respectivement égales à 140 et 200.

Influence de la nature du fluide.

Les expériences que nous avons rapportées ci-dessus ont été faites avec de l'eau; la plupart des phénomènes d'écoulement restent les mêmes lorsqu'on substitue le mercure à l'eau. Ainsi, par exemple, la contraction relative à l'orifice d'un millimètre

de diamètre en mince paroi, et celle que donne, sous une pression de 24 centimètres, un tube capillaire de 49,3 millimètres de longueur et 1,19 millimètres de diamètre, sera, pour le mercure comme pour l'eau, la première, de 0,31, et la seconde, de 0,60.

L'alcool, dont les molécules adhèrent moins l'une à l'autre que celles de l'eau, s'écoule plus promptement. Par la même raison, la pression nécessaire pour détacher une veine fluide des parois d'un ajutage est plus faible pour l'alcool que pour l'eau.

Lorsqu'on substitue l'huile à l'eau, la viscosité de l'huile augmente considérablement la durée de l'écoulement par les petits orifices. Pour un orifice de 1 millimètre de diamètre, les temps d'écoulement pour ces deux liquides ont été dans le rapport de 1 à 3.

La nature du fluide est une des causes principales desquelles dépend la continuité ou la discontinuité du jet dans l'écoulement par des tubes capillaires. Lorsqu'on a employé l'eau, le filet est resté continu à toute pression, pour un tube d'un diamètre égal ou supérieur à 1 millimètre; mais lorsqu'on a fait usage d'huile, l'écoulement par un

semblable tube, dont la longueur n'excédait pas 5 centimètres, ne s'est plus fait que goutte à goutte sous la pression d'une colonne d'huile de plus de 1 mètre de hauteur.

Influence du milieu environnant.

Dans les expériences sur l'écoulement d'un fluide par un orifice ou un ajutage donné, l'air environnant peut influer de deux manières, savoir :

1° En modifiant les pressions exercées sur l'orifice par le liquide que l'on considère;

2° En opposant une certaine résistance à la sortie du liquide ou à son mouvement.

Pour que le premier de ces deux effets devienne sensible, il est nécessaire que la pression verticale exercée de haut en bas sur la face supérieure du liquide, et la pression exercée en sens contraire sur la surface extérieure de l'orifice ou de l'ajutage, soient très-différentes l'une de l'autre. C'est ce qu'on obtient en laissant la partie supérieure du vase qui renferme le liquide, exposée à l'air libre, et plaçant l'orifice ou l'ajutage par où le liquide s'écoule, sous le récipient d'une machine pneumatique, dans lequel on raréfie l'air à volonté. A l'aide de cet artifice,

et en diminuant progressivement la force élastique de l'air sous le récipient, on observe les mêmes phénomènes que produit à l'air libre l'augmentation graduelle de la hauteur du liquide. On a même l'avantage de pouvoir déterminer une pression très-considérable à peu de frais. C'est par ce moyen que nous sommes parvenu à fixer la diminution de la dépense, sous une pression équivalente à 10 mètres d'eau, pour des ajutages capillaires terminés en cône vers les orifices; diminution qui s'est trouvée la même que pour les ajutages en minces parois et d'un grand diamètre, entièrement plongés dans un liquide.

Si, au lieu d'augmenter la pression, on voulait la diminuer, il suffirait évidemment de laisser l'orifice ou l'ajutage donné exposé à l'air libre, et de mettre la surface supérieure du liquide en contact avec l'air raréfié sous le récipient d'une machine pneumatique.

Il nous reste à parler de la résistance qu'oppose à la sortie et au mouvement de la veine fluide le milieu environnant. Quelques physiciens avaient pensé qu'on doit

attribuer à cette résistance les changemens de forme que la veine éprouve sous les pressions variables ; mais cette conjecture se trouve détruite par nos expériences. Nous n'avons observé aucune différence dans la forme des veines fluides qu'a données, dans l'air et dans le vide, l'écoulement de l'eau et du mercure par un orifice triangulaire.

Un phénomène qui paraît dépendre effectivement de la résistance et de la densité du milieu environnant, c'est l'écoulement d'un fluide par de petits ajutages cylindriques. M. Matthieu Young avait déjà remarqué que, dans ce cas, si l'on place l'appareil sous le récipient d'une machine pneumatique, la dépense va continuellement en décroissant avec la densité de l'air, et qu'à l'air libre la veine fluide coule à plein tuyau, tandis que, dans le vide, elle se détache des parois de l'ajutage; mais ce physicien ne paraissait pas soupçonner la différence qui existe à cet égard entre les tubes d'un grand et d'un petit diamètre. Nous nous sommes assuré qu'un tube de 6,6 millimètres de diamètre ne pouvait donner, pour diverses densités de l'air, que deux produits différens

suivant que la veine fluide remplissait ou ne remplissait pas l'ajutage. Mais, en se servant d'un tube dont le diamètre était réduit à 3 millimètres, nous avons obtenu, comme le physicien anglais, une dépense variable par degrés avec la densité de l'air.

Tout ce qu'on peut assurer, c'est que, pour des tubes d'un très-petit diamètre, lorsqu'on diminue la force élastique de l'air au-delà d'une certaine limite, la dépense va continuellement en décroissant. On doit donc supposer, avec beaucoup de vraisemblance, qu'alors la veine fluide remplit seulement une partie de l'ajutage, et cet effet doit être attribué à la compression provenant de l'air qui cherche à rentrer dans le tuyau pour remplacer celui que le mouvement du fluide entraîne nécessairement au dehors. Lorsque le diamètre du tube augmente, un double courant d'air peut s'établir, et l'effet dont il s'agit cesse d'avoir lieu.



NOTICE

HISTORIQUE

SUR LES MACHINES A VAPEUR.

Les machines à vapeur ont été précédées de plusieurs appareils de physique, tels que les *alambics*, les *éolipyles*, employés à convertir les liquides en vapeur, et à démontrer que la vapeur qui provient d'un liquide échauffé peut, comme l'air atmosphérique comprimé, produire une action mécanique. Les Grecs connaissaient l'éolipyle; Héron d'Alexandrie, qui vivait 120 ans avant l'ère chrétienne, a écrit un traité sur l'air, dont il existe deux copies manuscrites à la Bibliothèque royale. Le texte grec de ce traité et la traduction latine de Commandin font partie d'un ouvrage in-folio, imprimé en 1693 à l'Imprimerie royale, sous le titre: *Veterum mathematicorum opera.* L'article suivant, extrait de cet ouvrage, contient la description (page 202) d'un éolipyle, qui fait voir comment l'eau, convertie en vapeur, produit un mouvement de rotation.

« Soit une chaudière *a b* (fig. 2, pl. II), en partie pleine d'eau, fermée par un couvercle *c d;* introduisez, par un trou *e* fait sur ce couvercle, un tube creux *h z n* coudé en *z,* dont l'extrémité *h* pénètre à frottement la paroi de la petite sphère *h h'*. Fixez sur le couvercle un support *l m h'* coudé en *m,* dont la branche *m h'* est terminée par une pointe *h'*. L'ouverture *h* et la pointe *h'* sont dirigées suivant un diamètre de la petite sphère. Aux deux extrémités *p* et *q* d'un autre diamètre perpendiculaire au premier, placez deux petits tubes creux recourbés vers *t* et *x* en angle droit.

» Lorsqu'on aura allumé le feu sous la chaudière, la partie du vase *a b c d* qui ne contient pas d'eau, se remplira de vapeurs, et si l'on ouvre le robinet *f* placé sur la branche *n z* du tube *n z h,* la vapeur sortira par ce tube, s'introduira dans la petite sphère, et s'échappera par les orifices *t* et *x*. Alors la petite sphère tournera sur elle-même comme certains petits animaux qu'on fait danser. »

Vitruve, qui vivait un siècle après Héron a dit que l'éolipyle pouvait produire un souffle violent. Cardan (né en 1501, mort

en 1576) a cité Vitruve, et il pensait que, dans l'éolipyle, l'eau se changeait en air. David Rivault (né vers 1571, mort en 1616) a écrit, en 1605, qu'un éolipyle crèverait avec un grand fracas, si l'on empêchait la vapeur de s'échapper en bouchant l'orifice.

Brança a publié à Rome, en 1629, un ouvrage italien in-4°, en 23 pages de texte et 23 pages de figures. On trouve dans cet ouvrage un grand éolipyle produisant un courant de vapeurs qui frappe les ailes d'une roue et la fait tourner. Cet appareil était destiné à préparer les matières qui entrent dans la composition de la poudre à canon.

Salomon de Caus est auteur d'un ouvrage in-folio, divisé en trois livres, et publié en 1615. Dans le premier livre, qui a pour titre : *Des forces mouvantes,* on trouve le passage suivant : « *L'eau montera, par aide du feu, plus haut que son niveau* (théorême 5, p. 4). Le nouveau moyen de faire monter l'eau, est par l'aide du feu, dont il se peut faire diverses machines ; je donnerai ici la démonstration d'une (fig. 3, pl. II). « Soit une balle (lisez ballon) de cuivre, marquée A, bien

soudée tout alentour, à laquelle il y aura un soupirail marqué D, par où l'on mettra l'eau, et aussi un tuyau marqué BC qui sera soudé au haut de la balle, et le bout C approchera près du fond sans y toucher. Après il faut emplir ladite balle d'eau par le soupirail, puis la bien reboucher et la mettre sur le feu ; alors la chaleur donnant contre ladite balle, fera monter toute l'eau par le tuyau BC. »

La description de cet appareil se retrouve page 227 d'un ouvrage imprimé à Wurtzbourg, en 1657, sous le titre : *Mechanica hydraulica pneumatica ;* in-4°, par Gaspard Scott, jésuite.

En 1663, Edouard Somerset, marquis de Worcester, publia une série de propositions ou plutôt de sentences mécaniques, au nombre de cent, sous le titre de *Century of inventions,* 1 volume in-12. Toutes ces propositions, énoncées très-brièvement, sont la plupart inintelligibles pour les Anglais eux-mêmes. La 68ᵉ proposition, la seule relative à la vapeur d'eau et à ses effets, a été rapportée par Robert Stuart, qui prouve que le texte de cette proposition est énigmatique

et même inintelligible. Robert Stuart est l'auteur d'une *Histoire descriptive de la machine à vapeur,* dont la 3e édition anglaise a paru en 1825; elle a été traduite en français en 1827 (librairie de Malher, à Paris). La proposition de Worcester, expliquée en aidant à la lettre et commentée, n'apprend rien de plus que ce que l'on savait déjà par les éolipyles et par la machine de Salomon de Caus, de 1615.

En 1683, on avait abandonné l'opinion des anciens physiciens sur la vapeur d'eau, et on ne croyait plus que dans les éolipyles l'eau se changeait en air; la nature de la vapeur d'eau était mieux connue, et sir Samuel Morland (né en 1625, mort en 1696) en a déterminé la densité approximativement. Il avait conclu de ses expériences que la vapeur d'eau occupait un volume 2000 fois plus grand que celui de l'eau avant la vaporisation. Il est l'inventeur de la boîte à cuir qu'on place sur le fond supérieur d'un corps de pompe à piston, et dans laquelle la tige de ce piston se meut, avec ou sans frottement du piston contre les parois intérieures du corps de pompe.

En 1678, l'abbé Jean de Hautefeuille (né à Orléans en 1647, mort en 1724) avait publié une méthode pour construire des pompes aspirantes et foulantes sans piston, à l'aide de la poudre à canon ; il employait la poudre pour dilater l'air dans un tuyau, et l'eau s'élevait dans ce tuyau par la pression atmosphérique.

Vers le même temps (1680 ou 1681), Huygens, de l'académie des sciences de Paris, proposa le même moyen pour dilater l'air dans un corps de pompe *à piston*. Le vide partiel étant fait d'un côté du piston par la poudre à canon, la pression atmosphérique agissait du côté opposé, et le mouvement du piston ou de sa tige pouvait se transmettre à d'autres corps. Le mémoire original de Huygens ne fut imprimé qu'en 1693, dans un recueil in-folio des *Mémoires de l'Académie des sciences*, publié par les soins de La Hire; mais l'abbé Hautefeuille avait donné, en 1682, la description de la pompe à piston de Huygens, mue par la pression de l'air.

En 1688, Denys Papin, qui avait aidé Huygens dans ses expériences (faites à Paris

vers 1681), perfectionna sa machine, et y ajouta une soupape de sûreté. Le mémoire de Papin relatif à cette machine est dans les *Acta eruditorum* de Leipsick, septembre 1688, page 497.

Denys Papin, médecin et physicien, joue un rôle trop important dans l'histoire de la machine à vapeur, pour qu'il soit permis de passer sous silence les époques principales de sa vie. Il est né à Blois, département de Loir-et-Cher; l'année de sa naissance n'est pas connue, celle de son décès est 1710. Il a pris ses grades en médecine dans la faculté de Paris. Le premier ouvrage qu'il a publié est de 1674; il a pour titre : *Nouvelles expériences du vide, avec la description des machines qui servent à le faire*, volume in-12, Paris. Il passa en Angleterre, et de 1676 à 1679, il travailla avec Boyle, qui l'employa comme son préparateur, et lui confia la rédaction des procès-verbaux des expériences. Le résultat de ce travail, fait en commun, a paru à Genève en 1682, dans le tome 2 des œuvres de Boyle, sous le titre : *Experimentorum physico-mathematicorum continuatio secunda.*

Papin publia, en 1680 et en langue anglaise, un mémoire sur le traitement des os par la vapeur, qui fut traduit en français et imprimé à Paris en 1682, sous le titre : La *Manière d'amollir les os, et de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de temps et à peu de frais, avec une description de la machine dont il faut se servir pour cet effet*, etc. En 1681, il fut reçu membre de la Société royale de Londres, et en 1682, l'académie de Venise, nouvellement établie pour perfectionner les arts et les sciences, le tira d'Angleterre. En 1687, il prit possession de la chaire de mathématiques de l'académie de Marbourg, principauté de Hesse. On ne sait pas s'il visita la France ou l'Angleterre avant la révocation de l'édit de Nantes du 22 octobre 1685. En 1685 (*Transactions philosophiques* de cette année), Papin avait proposé une machine à air dilaté, de l'espèce de celle qui fut présentée à l'académie des sciences, en 1790, par Detrouville. En 1686 (*Trans. philos.* de cette année), il a publié un mémoire sur la vitesse de l'air qui rentre dans le vide. Denys Papin est l'inventeur de la première machine à vapeur atmosphé-

rique; plusieurs historiens anglais, tels que Robert Stuart, Partington, Farry, lui rendent cette justice dans leurs ouvrages.

Sa machine est composée d'un cylindre AA (fig. 4, pl. II), et d'un piston B, qui se meut à frottement dans l'intérieur du cylindre AA. Une mince couche d'eau occupait le fond du cylindre : on chauffait ce fond avec un fourneau portatif pour convertir l'eau en vapeur, et pour élever le piston; on écartait le fourneau du cylindre; la vapeur se refroidissait et se condensait; alors le piston soumis à la pression atmosphérique descendait, et communiquait son mouvement à d'autres corps. DD est la tige du piston, qu'on fixe à volonté par un levier EFH, qui tourne sur l'axe F, et qui est pressé par un ressort R, attaché sur le couvercle en G, vers l'encoche H. L est une ouverture qui traverse le piston et qu'on ferme avec la verge MM, qui glisse dans l'épaisseur du couvercle supérieur. Lorsqu'on abaisse le piston, l'air sort par le trou L, et lorsqu'il touche l'eau qui occupe le fond du cylindre, on le bouche avec la verge MM.

Cette machine est décrite dans les Actes

de Leipsick de 1690 (*Acta eruditorum*, août 1690, p. 410), et se trouve aussi dans un ouvrage à part, format in-12, publié en 1695, en français et en latin (1).

En 1696, Savery proposa un moyen d'élever l'eau par la vapeur qui se forme sous la pression de plusieurs atmosphères. Il composa sa machine d'une chaudière placée sur un fourneau fixe, d'un vase à vapeur et d'un tuyau d'aspiration, dans lequel on fait le vide, en condensant la vapeur à haute pression dans le vase qui la contient. Cette condensation se fait en refroidissant extérieurement le vase par un courant d'eau froide. La machine à vapeur de Savery est la première qui fut employée utilement pour l'embellissement des habitations et pour l'exploitation des mines.

En 1705, Newcomen proposa une nouvelle machine, construite sur le principe de la machine atmosphérique de Papin, avec un cylindre et un piston. Il la composa d'une

(1) Il y a deux éditions de la même date, l'une française qui a paru à Cassel sous le titre : *Recueil de diverses pièces touchant quelques nouvelles machines*; l'autre écrite en latin sous le titre *Fasciculus*, etc. Marburg, 1695.

chaudière, d'un cylindre qui se remplit de la vapeur sortant de la chaudière, et il eut l'heureuse idée de condenser la vapeur par une injection d'eau froide dans l'intérieur du cylindre.

De 1705 à 1769, la machine à vapeur de Newcomen fut modifiée dans quelques parties accessoires; mais le système n'éprouva aucun changement important.

En 1707, trois ans avant sa mort, Denys Papin publia deux éditions, l'une française et l'autre latine, d'un petit ouvrage in-12. Le titre de l'édition française est : *Nouvelle manière pour lever l'eau par la force du feu, mise en lumière par D. Papin*, Cassel, 1707.

En lisant cet ouvrage, on est porté à croire que Papin n'a pas connu la machine de Newcomen de 1705; il s'est écarté de son premier projet, dont le principe fondamental lui appartenait, pour rentrer dans le système, déjà abandonné, de Savery. Il plaçait sa machine près d'une source d'eau, remplissait un vase de cette eau, et il la poussait par la vapeur élevée dans une autre partie de ce même vase contenant de l'air atmosphérique. L'air comprimé par l'eau et réa-

gissant sur cette même eau, la faisait sortir avec une vitesse d'autant plus grande que l'air était plus comprimé; la vapeur qui avait comprimé l'eau n'était condensée ni par injection intérieure ou extérieure; on la perdait dans l'air atmosphérique. Cette combinaison de Papin paraît avoir eu pour objet de montrer que la vapeur d'eau pouvait être employée à comprimer de l'air. Déjà on savait, par la fontaine de Héron, que l'air comprimé était une force motrice; mais l'idée de perdre la vapeur dans l'atmosphère, lorsqu'elle a produit son effet mécanique, appartient à Papin. Les constructeurs modernes ont employé le même moyen dans les machines à haute pression, en y ajoutant la *détente* de la vapeur, qui est indiquée dans la première patente de Watt.

Il y a une interruption dans les progrès de la machine à vapeur, depuis 1705, année de la patente des trois mécaniciens réunis, Savery, Newcomen et Cawley, jusqu'en 1769. Dans cet intervalle, Fahrenheit, artiste hollandais, construit le thermomètre à mercure, à échelle comparable; Cavendish fit une analyse exacte de l'acide carbonique et du gaz

hydrogène; Black établit la théorie du calorique latent. En 1758, Kean Fitz-Gerald, qui connaissait le moyen de convertir le mouvement alternatif du piston de la machine atmosphérique en un mouvement de rotation continu, parvint à régulariser ce dernier mouvement par un *volant*. Tel était, en 1763, l'état des connaissances en physique et en mécanique, lorsque Watt, alors ingénieur en instrumens de mathématiques, et employé pour l'université de Glasgow, entreprit une série d'expériences dans le but de perfectionner la machine à vapeur.

En 1769, Watt prit la première patente qui a constaté ses découvertes. Sa principale invention est l'addition du vase *condenseur* à la machine de Newcomen. Au moyen de ce vase, l'injection d'eau froide qui condense la vapeur ne se fait plus dans l'intérieur du cylindre dans lequel le piston fait sa course; l'eau est injectée dans le condenseur. Le second perfectionnement consiste à adapter au cylindre un couvercle qui le ferme hermétiquement, à y ajouter une boîte à cuir dans laquelle la tige du piston glisse, et à ne se servir que de la vapeur pour faire mon-

ter ou descendre le piston qui est soustrait à l'action de l'atmosphère. L'intérieur du cylindre peut communiquer avec la chaudière pendant la course entière du piston, ou seulement pendant une fraction de cette course, comme le tiers ou le quart; dans ce dernier cas, il y a *détente* de la vapeur; elle augmente de volume et diminue en chaleur et en force élastique.

L'application des principes énoncés dans la patente de Watt a servi de base à diverses machines, parmi lesquelles on doit distinguer celles de MM. Woolf et Trevitick. Les patentes pour ces machines ont été prises, l'une en 1804, l'autre en 1811.

Dans la machine de la construction de Woolf, la vapeur est à la pression de 3 à 4 atmosphères; elle passe sans détente de la chaudière dans un petit cylindre à piston, de ce petit cylindre dans un plus grand de même hauteur, et de ce second cylindre au condenseur.

Dans la machine de Trevitick, dite *à haute pression,* il n'y a pas de condenseur; la vapeur est à la pression de 5 à 6 atmosphères; elle passe de la chaudière dans le cylindre,

s'y détend, et sort du cylindre avec une force élastique peu différente de celle de l'air atmosphérique; mêlée à cet air, elle s'y condense.

Ces deux espèces de machines sont à double effet; la vapeur agit successivement en dessus et en dessous du piston.

Les machines de Trevitick conviennent aux localités où il y a peu d'eau; elles ne consomment que celle qui est convertie en vapeur, puisqu'il n'y a pas de condensation, opération qui exige environ 40 fois la quantité d'eau mise en vapeur.

Légende de la fig. 1, *pl.* II, *représentant une ancienne machine à vapeur suivant le système de Watt, d'après le dessin de l'ouvrage de Thomas* Young.

C chaudière tenant l'eau sous les deux états de liquide et de vapeur.
F foyer.
R vase ou cylindre à vapeur qui communique avec la chaudière par le tuyau *C'*.
R' condenseur, entouré d'eau froide.
S pompe à air.

ABD levier dit *balancier*, à deux bras *AB*, *AD*, qui met en mouvement les cinq tiges suivantes :

1° la tige *r* du piston du cylindre *R*;

2° la tige *S s* du piston de la pompe à air;

3° la tige *t* d'une petite pompe qui élève une partie de l'eau de condensation, par le tuyau *t* qui communique avec le dessus du corps de pompe du condenseur ;

4° la tige *g* de la mouche *G*, qui engrène la roue dentée *H*, dont l'arbre de rotation porte le volant *V*;

5° la tige ou bielle 1, 2, qui ouvre et ferme les robinets *K*, *K'* des boîtes à vapeur placées aux deux extrémités du cylindre *R*.

PQL, conduit de l'eau de condensation dans la chaudière, pour entretenir la vaporisation.

OI, chaîne qui transmet le mouvement de rotation de l'arbre *H* à la tige *I'* d'un régulateur à force centrifuge, lequel règle le passage de la vapeur de la chaudière dans le cylindre *R*.

ce' B, parallélogramme, dont le point *e'* se meut sensiblement en ligne droite.

re, contre-balancicr du parallélogramme.



BIOGRAPHIE

DES SAVANS LES PLUS ILLUSTRES

QUI ONT ÉCRIT SUR LA MÉCANIQUE.

ARCHIMÈDE, l'un des savans les plus distingués de l'antiquité, né à Syracuse, vers 287 avant J.-C., parent du roi Hiéron; mort dans le sac de la ville, à l'âge de 75 ans. Ce qui reste de ses œuvres a été imprimé à Bâle en 1554, et à Londres, en 1792. Les détails sur sa vie, contenus page 9 de l'*introduction historique*, nous dispensent de les donner ici.

ARISTOTE (voir plusieurs autres traités, et notamment la MORALE).

ARKWRIGHT (sir Richard). Il fut d'abord barbier, mais ayant quitté cet état en 1767, il s'occupa de mécanique avec succès, et construisit à Nottingham une machine à filer le coton, qui lui procura une fortune très-considérable. Mort le 3 août 1792.

BÉLIDOR (Bernard Forêt de). Ce savant, l'un des ingénieurs français les plus distingués, est né en 1697. Il rédigea un grand nombre de projets pour des travaux publics très-importans, et s'illustra surtout par sa *Science de l'Ingénieur* et son *Architecture hydraulique*. Mort en 1761.

BERNOUILLI (Daniel). La mécanique, déjà redevable de beaux travaux à *Jacques B.* et à *Jean B.*, nés à Bâle, oncle et père de Daniel, a surtout profité des travaux de ce dernier sur l'hydraulique. Né à Groningue en 1700, professeur de mathématiques à Bâle, associé étranger de l'Académie des Sciences de Paris, il mourut en 1782.

BERTHOUD (Ferdinand), né en 1717, l'un des horlogers les plus célèbres. En perfectionnant son art, il fut utile à la science. On lui doit d'excellens chronomètres et de bons ouvrages sur l'horlogerie. Il est mort en 1807.

BESSON (Jacques de). Les ouvrages de ce savant professeur de mathématiques furent estimés dans leur temps; on y trouve la chaise marine, ou moyen proposé depuis, en 1760, par Irwin, en Angleterre, pour observer les éclipses des satellites et des étoiles; la description du compas euclidien, et divers autres instrumens. Besson naquit à Grenoble et mourut en France; il était professeur de mathématiques à Orléans en 1569.

BETANCOURT, ingénieur français distingué, notre contemporain. Il est le premier qui ait dit qu'il y a une dépendance nécessaire entre la température de la vapeur et sa force élastique, en sorte que l'une étant donnée l'autre s'ensuit; mais il était réservé à M. Dalton de dresser le tableau exact de cette force. Appelé en Russie

par l'empereur Alexandre, qui avait su apprécier ses talens, il y fut mis à la tête du corps des ingénieurs des ponts-et-chaussées, puis disgracié, et il mourut peu de temps après. Son principal ouvrage porte le titre de *Mémoire sur la force expansive de la vapeur.*

BRAMAH (Joseph), ingénieur et mathématicien anglais, mort en 1814.

BRANCA (signore G.), Romain du 17e siècle, qui annonce lui-même ne pas être l'auteur du recueil intitulé *El Machine*, mais l'avoir publié à la sollicitation de ses amis, et ne pas en connaître les auteurs. Cet ouvrage in-fol° date de 1629, et se compose de planches en bois avec une feuille de texte en regard.

BRÉGUET, né à Neufchâtel, en Suisse, le 10 janvier 1747, mort à Paris en 1823. La réputation de Bréguet dans la haute mécanique de précision est trop élevée pour que nous la rappellions ici; nous nous contenterons de faire remarquer qu'on lui doit la perfection à laquelle est arrivée notre horlogerie. Auteur du *pare-chute*, du *ressort-timbre* et de divers chronomètres, montres marines, compteurs et autres pièces compliquées, Bréguet eut encore le grand talent de bien choisir ses ouvriers et d'adopter tel ou tel perfectionnement qu'ils lui proposaient. Cette sagacité de jugement, il l'avait au plus haut point, et grâce à elle, l'horlogerie an-

glaise, malgré sa réputation, est restée depuis long-temps au-dessous de la nôtre.

CAMUS (Charles-Étienne-Louis), né en 1710, s'est constamment occupé avec distinction des mathématiques et de la mécanique, et a laissé plusieurs bons ouvrages. De l'académie des Sciences de Paris et de la Société royale de Londres, il est mort en 1768.

CHALES (le P. Milliet de), jésuite, auteur du *Cursus mathematicus*. 4 vol. in-f°, 1690. (Voir les MATHÉMATIQUES.)

CAUS (Salomon), ingénieur et architecte normand de la fin du 16e siècle. Il fut tour à tour attaché au prince de Galles et à l'électeur de Bavière, mais enfin il revint en France terminer sa carrière, en 1630. C'est à lui qu'on dut, en 1615, l'ouvrage intitulé *les Raisons des forces mouvantes*, qui fut réimprimé en 1624.

CAUS (Isaac). Il était de la même famille, du même pays et avait embrassé le même genre de travail que Salomon; on connaît de lui un ouvrage publié à Londres en 1644, sous le titre de *Nouvelle invention d'élever l'eau plus haut que sa source*, et un autre en anglais : *New inventions of Water Works*, 1704.

CTÉSIBIUS, illustre architecte, mathématicien et mécanicien d'Alexandrie, qui florissait vers 135 ans avant J.-C. Il inventa la clepsydre ou horloge d'eau, et on lui attribue aussi la dé-

couverte des pompes et d'une foule d'autres machines remarquables.

DEPARCIEUX (ou Parcieux : Antoine de). Plus illustre comme mathématicien, il contribua cependant aux progrès de la mécanique, et s'occupa notamment des canaux. Il fut membre de l'Académie des Sciences et censeur royal. Né dans le diocèse d'Uzès, il mourut à Paris en 1769.

EVANS (Oliver), mécanicien distingué de Philadelphie aux États-Unis de l'Amérique, est auteur du *Manuel de l'Ingénieur mécanicien*, publié pour la première fois en 1805, et traduit en français en 1821. Il est mort en 1819.

FULTON (Robert), né en 1767 aux États-Unis d'Amérique dans la Pensylvanie; il vint à Paris, où il résida long-temps. La navigation par le moyen de la vapeur lui doit beaucoup, et il en fit la première expérience à Paris, sur la Seine, en 1796. De retour dans sa patrie, il y propagea les bateaux à vapeur, y publia plusieurs inventions mécaniques remarquables, et mourut en 1815.

GALILÉE. (Voir l'ASTRONOMIE.)

GUTTEMBERG (Jean Genfleich de Sulgeloch, dit), né à Mayence en 1400 d'une noble famille; regardé généralement comme l'inventeur de l'imprimerie. Cette découverte lui est contestée par Coster de Haarlem, auquel une statue a été érigée sur la place publique de cette

ville. Si cet art admirable ne lui doit pas la première pensée, il paraît certain que c'est lui qui a exécuté les appareils mécaniques et les caractères à l'aide desquels on imprima d'abord un livre. Mort à Mayence en 1468.

HELL (Maximilien), né en 1720 à Schemnitz en Hongrie, mort à Vienne en 1792. Ce savant était spécialement astronome. Cependant la mécanique lui doit beaucoup, et à Vienne il l'enseigna pendant à peu près une année ; il eut aussi un frère auquel les Mémoires de l'Académie des Sciences de 1760, hist., page 160, attribuent une machine ou espèce de syphon qui pouvait élever l'eau à 96 pieds.

HÉRON (dit l'Ancien) naquit à Alexandrie environ 120 ans avant J.-C. Il était habile mécanicien et élève de Ctésibius. On a cité beaucoup de ses machines, mais bien peu ont été décrites avec assez de soin pour pouvoir nous être parfaitement connues. Il nous reste de Héron un traité des *machines à air,* et son *Belopœcca,* qui, en 1616, fut donné en latin par Bernard Baldi.

KEPLER. (Voir l'Astronomie.)

LAHIRE (ou Hire : Philippe de la). Né à Paris en 1640, il étudia les mathématiques en Italie, et, à son retour, fut nommé de l'Académie des Sciences et employé par Colbert, avec Picard et Cassini, à dresser la carte générale de France. La

géométrie et la mécanique lui doivent plusieurs ouvrages importans. Mort en 1718.

LEUPOLD (Jacques), né à Plenitz en 1674, mort en 1727. Cet habile mécanicien saxon, qui fit son premier apprentissage chez un menuisier, perfectionna et décrivit la machine pneumatique inventée par Otto de Guericke. On lui doit, surtout, son fameux *Théâtre universel des machines*, 7 vol. in-f° allem., auquel Scheffler, pour le terminer, donna 2 volumes de supplément.

MONGOLFIER (Joseph-Michel), né à Vidalon-les-Annonay en 1740. Il s'est illustré d'abord par l'invention des aérostats. La mécanique lui doit des travaux et des machines d'une application plus usuelle, notamment le bélier hydraulique. Il mourut en 1810.

NEWTON. (Voir l'Astronomie.)

PAPIN (Denis), né à Blois. Il prit ses grades en médecine à la faculté de Paris. En 1774, il avait publié son premier ouvrage sous le titre de *Nouvelles expériences du vide*, in-12. Peu de temps après, il alla en Angleterre, où, s'étant lié avec Boyle, il se dévoua aux travaux concernant la physique et la mécanique. Sa marmite pour traiter les os par la vapeur l'a rendu illustre, mais ses ouvrages contiennent beaucoup de recherches importantes, et c'est bien à lui que l'on doit la première machine à vapeur atmosphérique.

PASCAL (Blaise), l'un des génies dont la France s'honore, s'est illustré comme littérateur, philosophe et géomètre. Né à Clermont en Auvergne en 1623, il mérite d'être cité ici comme ayant le premier employé le baromètre pour la mesure des hauteurs, et pour ses expériences sur le vide. Il est mort à Paris, à l'âge de 39 ans.

PERRAULT (Claude), illustre surtout par ses travaux en architecture. Il y appliqua utilement la science de la mécanique; il fut membre de l'Académie des Sciences, et traduisit Vitruve. Mort en 1688.

PLUMIER (Charles), né à Marseille en 1646, mort à Cadix en 1704. Plus connu comme botanique et comme un célèbre voyageur, Plumier cependant avait étudié avec fruit les sciences physiques et mathémathiques; il excellait dans la fabrication des instrumens de physique, et il se distingua surtout dans *l'art du tourneur*, dont il donna un fort bon traité.

RAMELLI (Augustin). Il naquit vers 1531 à Maranzana dans le duché de Milan, et mourut à Paris en 1590. Cet ingénieur de Henri III fut un mécanicien extraordinaire pour son temps, et *Le diverse ed artificiose machine* en est la preuve; mais toutes ses machines, quoique fort ingénieuses, paraissent beaucoup trop compliquées.

RAMSDEN (Jessé), célèbre opticien, né en 1735 à Halifax dans le Yorkshire, mort à Brigh-

thelmstone en 1800. La machine à diviser qui porte son nom est suffisamment connue; elle nous dispense de faire l'éloge de cet habile mécanicien, qui améliora en Angleterre la plupart des instrumens de physique.

RANNEQUIN (Swalm Renkin), né à Liége. Ce célèbre machiniste fut chargé de la construction de l'ancienne machine de Marly, qui élevait environ 6000 mètres cubes d'eau par 24 heures, à une élévation de 165 mètres; elle commença à agir en 1682. C'était, pour les ouvrages mécaniques du temps, un résultat prodigieux. Mort en 1708.

SAVERY ET NEWCOMEN, que nous réunissons, parce que leurs travaux sont communs. Savery, mécanicien distingué, a l'honneur d'avoir le premier appliqué la machine à vapeur: il fit cette découverte en 1696, et en a pris la patente à Londres en 1698.

SMEATON (Jean), né dans le comté d'Yorck en 1724. Il s'illustra par ses travaux mécaniques, et notamment par ses recherches sur la force du vent et de l'eau sur les moulins, par la reconstruction du fanal d'Eddy-Stone, achevée en 1759, etc. Nommé membre de la Société royale de Londres, il mourut en 1792.

VAUCANSON (Jacques de), né à Grenoble en 1709. Il construisit des machines extrêmement ingénieuses, et qui prouvent toute son ha-

bileté : tels sont son flûteur automate, son canard qui barbottait, battait des ailes, avalait du grain ; son berger, qui exécutait 20 airs différens, etc. Il s'occupa aussi de mécaniques utiles, et inventa les moulins à soie et autres. De l'Académie des Sciences, il mourut en 1783.

VEGÈCE (Flavius Renatus Vegetius), auteur latin, qui vivait sous Valentinien. Il mérite d'être mentionné ici pour ses applications de la géométrie et de la mécanique à l'art militaire.

WATT (James), né en 1736 à Greenock en Écosse, mort en 1819 à Heathfield près de Birmingham. Le nom de Watt est trop généralement connu aujourd'hui pour nous arrêter sur ce célèbre mécanicien, auquel nous sommes redevables du meilleur système de machines à vapeur; cependant, n'oublions pas que, non-seulement l'argent, mais encore les talens administratifs de Boulton furent indispensables à Watt pour se faire connaître.

WHITE, mécanicien anglais, notre contemporain, auteur d'un engrenage qui porte son nom, et d'un ouvrage en 2 vol. in-4°, intitulé *Les Centuries.* Il habita la France, et avait établi à Paris une filature. Il est mort récemment (1829).

WOOLF (Jean Chrétien, baron de), né à Breslaw en 1679; il mourut en 1764. Ce célèbre mathématicien se distingua autant par ses discussions philosophiques que par ses travaux scientifiques.

YOUNG (Thomas). Cet illustre physicien, des ouvrages duquel est traduite la plus grande partie de ce traité, vient d'être ravi aux sciences à l'âge de 68 ans environ, le même jour que le célèbre Davy. Il est mort à Londres le 29 mai 1829. Irlandais de naissance, T. Young s'est placé au premier rang dans plusieurs branches des sciences. La physique lui fut redevable, vers 1794, du principe des interférences, et, dans son *Cours de physique et des arts mécaniques*, duquel est extrait cet ouvrage, il a fait planer sur toute cette partie si importante des sciences, les vues d'un génie supérieur, et indiqué d'importantes découvertes. Médecin des eaux de Bath, l'art de guérir lui doit un Traité où toutes les maladies sont classées systématiquement, et tous les auteurs cités, comme il l'a fait dans son Cours de physique, etc. Son érudition était immense, et la découverte qu'il a faite de plusieurs lettres de l'alphabet phonétique, l'a placé, avec M. Champollion, à la tête des archéologues qui ont dévoilé le langage hyéroglyphique des Égyptiens. Nous ne pensions pas, lors de son passage récent à Paris, avoir à déplorer sa perte avant qu'il eût eu le temps de juger la traduction de son ouvrage, que nous entreprenions de donner à la France.

BIBLIOGRAPHIE

OU

CATALOGUE RAISONNÉ

DES PRINCIPAUX OUVRAGES RELATIFS A LA MÉCANIQUE.

I. *Sur la Mécanique en général.*

Collections de Mémoires et Recueils.

PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS *of the royal Society of London.*—(Publiés depuis 1665, par la Société royale de Londres.)

ABRÉGÉ *des Transactions philosophiques*, rédigé par GIBELIN. 13 vol. in-8°, Paris, 1787—91.

ACADEMIA del Cimento, *Recueil d'expériences de Physique*, 1667.

HISTOIRE ET MÉMOIRES *de l'Académie royale des Sciences* depuis 1666. 167, in-4°. — *Recueil des pièces qui ont remporté le prix*, Paris, 1721-1771.

MÉMOIRES *de Mathématiques et de Physique* présentés à l'Académie. 11 vol. in-4°, Paris, 1750.

MACHINES ET INVENTIONS *approuvées par l'Académie*, par GALLON. 7 vol. in-4°, 1735—1777.

MÉMOIRES *de l'Institut :* sciences physiques et mathématiques, 24 vol. in-4°.

HISTOIRE ET MÉMOIRES *de l'Académie royale des Sciences et belles-lettres de Berlin.*

COMMENTARII *de Bononiensi scientiarum et artium instituto atque academia.* In-4°. Bologne, 1731.

COMMENTARII ET ACTA *Academiæ Petropolitanæ.* 40 vol. in-4°. Pétersbourg, 1726 à 1787.

COMMENTARII *Societatis regiæ scientiarum Gottingensis.* 12 v. in-4°, Gott., 1752-1778.

TRANSACTIONS *of the royal Society of Edinburgh.* 4 vol. 1788.

MÉLANGES *de la Société royale de Turin.* 4 vol., 1761—1776.

MÉMOIRES *de l'Académie de Turin*, 5 vol.

ROSIER, LAMÉTHERIE et M. de BLAINVILLE. *Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire naturelle.* 96, in-4°. Paris.

BULLETIN *de la Société philomatique de Paris.*

BULLETIN *de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, 1802 à 1829.

NICHOLSON'S *Journal of natural philosophy, chemistry and the arts.* 5 vol. in-4°. London, 1797—1801.

TILLOCH'S *philosophical magazine.* London, 1798.

BULLETIN *des sciences mathématiques et physiques*. Paris, 1824—29.

ANNALES *de chimie et de physique*. Paris, 1789—1829.

Ouvrages généraux.

ARISTOTELIS *Mechanica* (vide *opera*).

GALILEO, *della Scienza mecanica* (*op.*).

CARTESII (DESCARTES), *Mechanica*. (Ouvrage posthume.)

WALLISII *Mechanica*, in-4°. Lond., 1670.

PARDIES, *la Statique*, in-12. Paris, 1673.

PARENT, *Élémens de mécanique*, *nouvelle statique*, 1704.

BERNOULLI (Jean), *du Mouvement* (*op.*).

VARIGNON, *Nouvelle mécanique*, 2 vol. in-4°, Paris, 1725.

EULERI *Mechanica*, 2 vol. in-4°. Pétersbourg, 1736.

— *Theoria motus corporum solidorum*, in-4°. Rotloch., 1765.

BOSSUT, *Traité élémentaire de mécanique et de dynamique*, 1763. — *Traité de mécanique statique*, 1772.

CAMUS, *Élémens de mécanique statique*, 1767. — *Traité des forces mouvantes*, in-8°, Paris, 1722.

CLARK'S *Theory of mechanics*, in-4°.

YOUNG (Thomas), *A Course of lectures on natural philosophy and the mechanical arts*,

2 vol. in-4°, avec un grand nombre de planches. Londres, 1807. — C'est la partie mécanique et hydraulique de cet ouvrage remarquable, qui se trouve traduite dans le texte du présent traité.

BESOUT, *Mécanique*, 2 vol. in-8°.

MONGE, *Traité élémentaire de statique*, 6e édit., revue par M. HACHETTE, in-8°, 1826.

POINSOT, *Traité élémentaire de statique*. 3e édit. in-8°, 1821.

LAGRANGE, *Mécanique analytique*, 2 vol. in-4°, Paris, 1815.

LAPLACE, *Mécanique céleste*, 5 vol. in-4°, Paris, 1825.

POISSON, *Traité de mécanique*, 1811, 2 vol. in-8°.

PRONY, *Leçons de mécanique analytique*, 1815, 2 vol. in-4°.

— *Mécanique philosophique*, in-4°.

NAVIER, *Résumé des leçons (de mécanique), données à l'École royale des ponts et chaussées*, in-8°, 1826.

FRANCOEUR, *Traité élémentaire de mécanique*, in-8°, Paris, 1825.

ATWOOD, *on Rectilinear motion and rotation*, in-8°, 1784.

HUYGENS, *de Re centrifuga* (op. posth.).

MACLAURIN, *Geometria organica*.

Mécanique pratique et Science des Machines.

VITRUVE, par PERRAULT, in-f°, Paris, 1673.

RAMELLI, *Le diverse ed artificiose machine.* (Italien et français.) Paris, 1588, in-f°.

WORCESTER'S (*marquis of*) *Inventions*, 1663.

SALOMON DE CAUS, *Raisons des forces mouvantes*, in-folio. Francfort, 1615.

PAPIN (Denis), *Recueil de pièces touchant quelques machines*, in-8°, Cass., 1695. Édit., lat., Marbourg, 1695; — *Acta eruditorum*, 1690.— *La manière d'amollir les os et de faire cuire toutes sortes de viandes*, etc. Paris, 1682, in-12, fig. — *Nouvelle manière de lever l'eau*, Cassel, 1707, in-12, fig.

MARCHETTI, *de Resistentia solidorum*, in-4°, Flor., 1665.

LEUPOLD, *Theatrum machinarum generale.* Lipsiæ, 1724-1727. 7 vol. in-f° (allemand).

POLLEY, *Theatrum machinarum*, Amst., 1737.

BORELLI, *de Motu animalium.*

BERTHELOT, *Mécanique appliquée aux arts*, 2 vol. in-4°, 1782.

LANGEZ, *Esperienze intorno alla resistenza del fregamento*, in-8°, Verona, 1782.

FERGUSON'S, *Select machanical exercises*, in-8°, London, 1790.

GIRARD, *Traité de la résistance des solides*, Paris, in-4°, 1797.

PERSON, *Recueil de Mécanique*, in-4°, Paris, an 10 (1802).

BANKS *on the Power of machines*, in-8°, Kendal, 1803.

HACHETTE, LANZ et BETANCOURT, *Essai sur la composition des machines*, et *Programme d'un Cours sur les machines*. In-4°, Imp. roy., 1808, Pl.

BELIDOR, *Sciences des ingénieurs*, in-4°, Paris, 1813. In-4°, 2ᵉ édit., 1819.

BORGNIS, *Traité complet de mécanique appliquée aux arts*, Paris, in-4°, 1823.

CHRISTIAN, *Traité de mécanique industrielle*, 3 vol. in-4° et atlas.

HACHETTE (M.), *Traité élémentaire des machines*, 4ᵉ édit. in-4°, Paris, 1828.

DUPIN (baron Ch.), *Géométrie et Mécanique des arts et métiers et des beaux-arts*, 3 vol. in-8°, 2ᵉ édit., 1829.

— *Voyages dans la Grande-Bretagne*, 8 vol. in-4°.

DICTIONNAIRE *technologique* (A.-O., 15 vol.), Paris, 1822-29.

Hydraulique et Pneumatique.

SCHOTTI, *Mecanica hydraulico-pneumatica* in-4°, 1657.

NEWTONI *Principia* (op.).

DITTON, *on Fluids*, in-8°, London, 1719.

BERNOUILLI, *Hydrodynamica*, in-4°, 1738.

COTES'S, *Hydrostatical and pneumatical lectures*, in-8°, 1747.

BELIDOR, *Architecture hydraulique*, in-4°, Paris, 1782.

DE CESSART, *Description des travaux hydrauliques*, 2 vol. in-4°.

D'ALEMBERT, *de l'Équilibre et du mouvement des fluides*, in-4°, 1744.

— *Essai sur une nouvelle théorie de la résistance des fluides*, in-4°.

BOSSUT, *Traité d'hydrodynamique*, 3 vol. in-8°, Paris, 1771.

DUBUAT, *Traité d'hydraulique*, 1re édition, 2 vol. in-8°, 1786. 2e édit. 3 vol. in-8°, 1816.

PRONY (M. de), *Architecture hydraulique*, in-4°, Paris, 1790. — *Sur le jaugeage des eaux courantes*, in-4°, 1802.

VENTURI, *Recherches expérimentales*, in-8°. Paris, 1797.

— *Sur la communication latérale du mouvement dans les fluides*. Paris, 1798.

SINCLARI *Ars gravitatis et levitatis*. Rotterdam, 1669.

MARIOTTE, *Traité du mouvement des eaux*, in-8°. Paris, 1686. — *Traité de la percussion*. (Op. I.) — *De la Nature de l'air*, 1699.

BORDA, *on the Discharge of fluids*, 1766.

CASTELLI, *de Mensura aquarum currentium*.

BALIANI, *de Motu liquidorum*.

CHALES (de), *de Fontibus et fluminibus*.

GUGLIELMINI, *Della natura dei fuimi*, in-4°. Bologne, 1697.

POLENUS, *de Castellis et de motu aquæ mixto*. Patav., 1697—1723.

RACCOLTA *d'Autori*, 3 vol. in-4°, Fiorenze, 1723.

LECCHI *Hydrostatica*. Milan, 1765 (avec quelques pièces de Boscovich.)

ISAAC DE CAUS, *Nouvelles inventions d'élever l'eau plus haut que sa source*, in-folio. Londres, 1644. — *New invention of Water Works*, London, 1704.

PAPIN (Denys), *Nouvelles expériences du vide*, in-12, Paris, 1674.

FABRE, *Sur les Machines hydrauliques*, in-4°, Paris, 1783.

LOHMEIER, *de Artificio navigandi per aerem*, 1676.

SAINT-FOND, *Sur les Expériences de Montgolfier*, in-8°.

L'ART *de faire les ballons*, in-8°. Amsterd., 1783.— *de voyager dans les airs*, in-8°. Paris, 1784.

RENEAUX, *Sur les Machines aérostatiques*, in-4°.

ROBERT frères, *Sur les Expériences aérostatiques*. Paris, 1784.

BERTHOLON, *Sur les Globes aérostatiques*. Montp., 1784.

VOCABULAIRE

ET

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES MOTS TECHNIQUES

DE LA MÉCANIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

R

S

T

V

FIN DE LA MÉCANIQUE.

Gravé par Millet, Rue St. Jacques, 71.

